Politecnico di Torino

FONDAMENTI DI INFORMATICA

quaderno di testo

Prof. Antonio Lioy

Anno Accademico 2009-2010

PREFAZIONE

Il presente volumetto raccoglie in forma cartacea il materiale elettronico sviluppato per una serie di corsi di *Fondamenti di Informatica* del Politecnico di Torino.

Più che costituire un “libro di testo”, questo vuole essere una sorta di “quaderno di testo”, in cui gli studenti trovano pre-organizzata una gran parte del materiale presentato in aula: definizioni, schemi, formule, grafici, tabelle. Tradizionalmente questo richiede molto tempo per essere trascritto sui quaderni, senza contare i possibili e probabili errori di trascrizione. Grazie al “quaderno di testo” lo studente può concentrarsi maggiormente sui concetti che vengono esposti e sul filo logico che lega i vari argomenti tra di loro. Nella speranza che questo materiale possa essere utile al maggior numero possibile di studenti, ho scelto di contenere al massimo il costo della pubblicazione ed ho organizzato il materiale in un formato con ampi spazi bianchi per gli appunti personali.

Correzioni e suggerimenti per il miglioramento di questo quaderno possono essermi indirizzati presso il Dipartimento di Automatica e Informatica, oppure inviatimi tramite posta elettronica all’indirizzo `lioy@polito.it`

Torino, settembre 2009

L’autore

INDICE

L'elaboratore elettronico (computer)

input
(dati)

output
(risultati)

processing
(elaborazione)

Problematiche

- *codifica dei dati*
  in un formato comprensibile all'elaboratore
- *codifica degli ordini*
  sequenza di operazioni che compongono l'elaborazione
- *decodifica dei risultati*
  in un formato comprensibile agli umani

Hardware

Definizione:

l'insieme delle apparecchiature (elettroniche, meccaniche, ecc.) che costituiscono fisicamente il sistema di elaborazione.

Software

Definizione:

l'insieme dei programmi e dei dati che permettono lo svolgimento delle funzioni di elaborazione

Istruzioni e programmi

Un'*istruzione* è la specifica di una operazione che può essere svolta da un elaboratore.

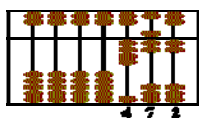
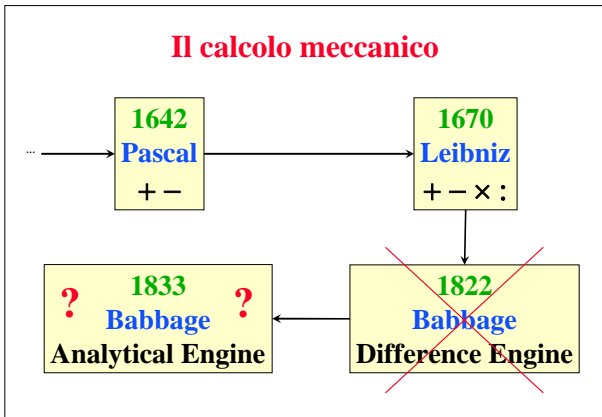
Un *programma* è un insieme ordinato di istruzioni (non è necessariamente una sequenza!)

Cenni storici

Problema: ***effettuare in modo rapido e preciso calcoli matematici complessi.***

Soluzioni primitive:

- **abaco (2000 A.C.)**
- **tavole dei logaritmi (1600)**
- **olio di gomito!**

Il calcolo meccanico

L'era elettromeccanica

1890: censimento USA con lettura elettrica di schede perforate

1896: **Hollerith** fonda la Tabulating Machine Corporation (che nel 1924 diventa IBM = International Business Machines)

1944: **Aiken** costruisce il **Mark I**

L'era elettronica

1944: **Colossus** (Bletchley Park, UK)
→ tubi a vuoto, decifrazione codici segreti nazisti
→ 10 esemplari, distrutti alla fine della guerra

1946: **ENIAC** (**Eckert** e **Mauchly**, Univ. di Pennsylvania)
→ 18000 tubi a vuoto + 1500 relais

1951: **UNIVAC** (**Eckert** e **Mauchly**, E & M Computer Corporation)
→ primo computer programmabile commerciale

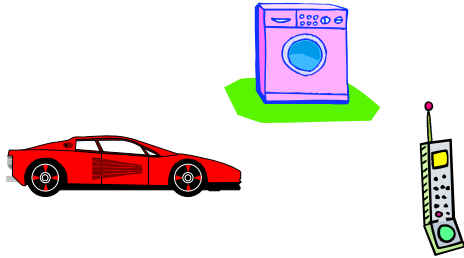
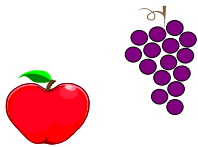
ENIAC

UNIVAC

The UNIVAC 120 was a 1953 release of a modified Remington Rand Model 409 computer.

Le generazioni informatiche

1942-’57,	**1ª gen.**	**= tubi a vuoto**
1958-’63,	**2ª gen.**	**= transistori**
1964-’80,	**3ª gen.**	**= circuiti integrati**
1980-oggi,	**4ª gen.**	**= circuiti VLSI**
(futuro)	**5ª gen.**	**= ?**

I più recenti modelli di computer

I dati

I dati numerici

- sono quelli più usati in ambito scientifico
- nei moderni sistemi di elaborazione … tutti gli altri tipi di dato sono trasformati in dati numerici
- tutti i tentativi di elaborare direttamente dati non numerici o sono falliti o si sono mostrati molto più inefficienti che non effettuare l'elaborazione solo dopo aver trasformato i dati in forma numerica

Organismi di standardizzazione

ANSI (www.ansi.org)
American National Standards Institute

CEN (www.cenorm.be)
Comité Européen de Normalisation

ETSI (www.etsi.org)
European Telecommunications Standards Institute

IEEE (www.ieee.org)
Institute of Electrical and Electronic Engineers

IETF (www.ietf.org)
Internet Engineering Task Force

ISO (www.iso.org)
International Organization for Standardization

W3C (www.w3.org)
World-Wide-Web Consortium

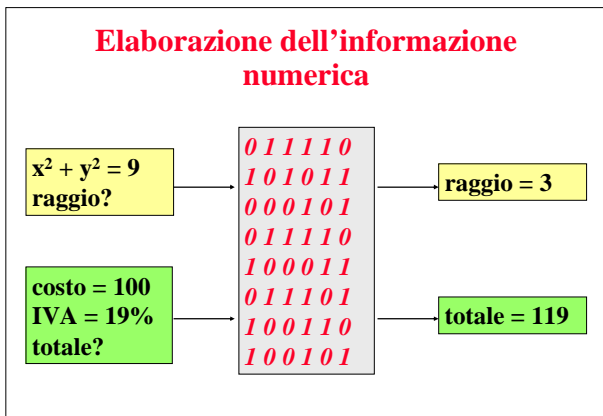
Elaborazione dell'informazione numerica

$x^2 + y^2 = 9$
raggio?

costo = 100
IVA = 19%
totale?

0 1 1 1 1 0
1 0 1 0 1 1
0 0 0 1 0 1
0 1 1 1 1 0
1 0 0 0 1 1
0 1 1 1 0 1
1 0 0 1 1 0
1 0 0 1 0 1

raggio = 3

totale = 119

Come contiamo?

$252 = 2 \cdot 100 + 5 \cdot 10 + 2 \cdot 1$

$= 2 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 2 \cdot 10^0$

Sistema di numerazione del mondo occidentale (*sistema arabo*):

- **decimale**
- **posizionale**

Sistemi di numerazione

Non posizionali:

- **numeri romani (es. V, L, D)**
- **operazioni aritmetiche difficili**

Posizionali:

- **arabo (decimale)**
- **maya (ventesimale)**

Sistema di numerazione posizionale in base B

Caratteristiche:

- **cifre: { 0, 1, 2, ..., B-1 }**
- **peso della cifra *i*-esima: B^i**
- **rappresentazione (numeri naturali) su N cifre**

$$A = \sum_{i=0}^{N-1} a_i \cdot B^i$$

Il sistema binario

- **base: 2**
- **cifre: { 0, 1 }**

Esempio:

$101_2 = 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$

$= 1 \cdot 4 + 1 \cdot 1$

$= 5_{10}$

Alcuni numeri binari

0	...	0	1000	...	8
1	...	1	1001	...	9
10	...	2	1010	...	10
11	...	3	1011	...	11
100	...	4	1100	...	12
101	...	5	1101	...	13
110	...	6	1110	...	14
111	...	7	1111	...	15

Alcune potenze di due

2^0	...	1	2^9	...	512
2^1	...	2	2^{10}	...	1024
2^2	...	4	2^{11}	...	2048
2^3	...	8	2^{12}	...	4096
2^4	...	16	2^{13}	...	8192
2^5	...	32	2^{14}	...	16384
2^6	...	64	2^{15}	...	32768
2^7	...	128	2^{16}	...	65536
2^8	...	256			

Terminologia

BIT (BInary digIT) 0 1

BYTE = otto bit 00110110

WORD = n byte 00001111 10101010

Terminologia

Multipli binari

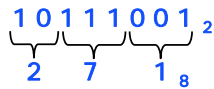
Si usano le potenze di due invece di quelle di dieci (potenziale confusione, anche commerciale):

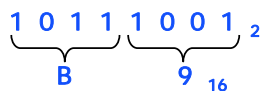
chilo	k	2^{10}	~ un migliaio
mega	M	2^{20}	~ un milione
giga	G	2^{30}	~ un miliardo
tera	T	2^{40}	~ mille miliardi
peta	P	2^{50}	~ un milione di miliardi

Un tentativo (IEEE) di usare due prefissi diversi (es. k = 10^3, ki = 2^{10}) è largamente fallito.

Il sistema ottale

- **base: 8**
  (talvolta indicata con Q per Octal)
- **cifre: { 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 }**
- **utile per scrivere in modo compatto i numeri binari (3:1)**

$$\underbrace{10}_{2}\underbrace{111}_{7}\underbrace{001}_{1}{}_2 \rightarrow 271_8$$

Il sistema esadecimale

- **base: 16**
  (talvolta indicata con H per Hexadecimal)
- **cifre: { 0, 1, ..., 9, A, B, C, D, E, F }**
- **utile per scrivere in modo compatto i numeri binari (4:1)**

Limiti del sistema binario (rappresentazione naturale)

Consideriamo numeri naturali in binario:

- **1 bit ~ 2 numeri ~ $\{ 0, 1\}_2$ ~ $[0 \ldots 1]_{10}$**
- **2 bit ~ 4 numeri ~ $\{ 00, 01, 10, 11\}_2$ ~ $[0 \ldots 3]_{10}$**

Quindi in generale per numeri naturali da N bit:

- **combinazioni distinte**
  2^N
- **intervallo di valori**
  $0 \leq x \leq 2^N - 1$ **[base 10]**
  $(000...0) \leq x \leq (111...1)$ **[base 2]**

Limiti del sistema binario (rappresentazione naturale)

bit	*simboli*	*min₁₀*	*max₁₀*
4	16	0	15
8	256	0	255
16	65,536	0	65,535
32	4,294,967,296	0	4,294,967,295

Conversione di numeri naturali da binario a decimale

Si applica direttamente la definizione effettuando la somma pesata delle cifre binarie:

$$1101_2 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^0$$
$$= 8 + 4 + 1$$
$$= 13_{10}$$

Corrispondenza decimale/binario

Regola:

per rappresentare **K** *oggetti distinti occorre un numero di bit pari ad almeno*

$$N = \lceil \log_2 K \rceil$$

La funzione *ceiling*

La funzione matematica *ceiling* applicata all'argomento *x* restituisce il minor numero intero maggiore o uguale a *x*.

In pratica è l'approssimazione per eccesso.

Esempi:

- $\lceil 4 \rceil = 4$
- $\lceil 4.1 \rceil = 5$
- $\lceil -4 \rceil = -4$
- $\lceil -4.1 \rceil = -4$

Calcolo del logaritmo in base 2

- **avendo a disposizione una calcolatrice che calcola il logaritmo naturale (ln) oppure quello in base 10 (Log)**

$$\log_2 x = \mathrm{Log}\, x / \mathrm{Log}\, 2 = \ln x / \ln 2$$

Corrispondenza decimale/binario

Regola pratico-empirica (ma imprecisa …):

in media, occorrono 3.25 bit per rappresentare una cifra decimale

Esempi:

$xx_{10} \rightarrow bbbbbbb_2$

$xxx_{10} \rightarrow bbbbbbbbbb_2$

Conversione di numeri naturali da decimale a binario

$$A_2 = a_{N-1} \cdot 2^{N-1} + \ldots + a_2 \cdot 2^2 + a_1 \cdot 2^1 + a_0$$
$$= 2\,(a_{N-1} \cdot 2^{N-2} + \ldots + a_2 \cdot 2^1 + a_1) + a_0$$
$$= 2\,[\,2\,(a_{N-1} \cdot 2^{N-3} + \ldots + a_2) + a_1] + a_0$$

$$A_{10} = 2 \cdot Q_0 + R_0$$
$$= 2 \cdot (\,2 \cdot Q_1 + R_1\,) + R_0$$

Da decimale a binario

Dal confronto tra l'espressione di A come numero binario e come risultato della divisione intera per due si ottiene:

- $a_0 = R_0$
- $a_1 = R_1$
- …
- $a_i = R_i$

Da decimale a binario

Regola pratica:

- **divisioni successive per due**
- **si prendono i resti in ordine inverso**

13	6	3	1	0	*quozienti*
	1	0	1	1	*resti*

$13_{10} = 1101_2$

Esercizi

Convertire da decimale a binario, e viceversa:

- 14_{10} [1110_2]
- 33_{10} [100001_2]
- 57_{10} [111001_2]
- 31_{10} [11111_2]

Convertire in binario e decimale:

- 123_8 [1010011_2 ; 83_{10}]
- 128_8 [impossibile]
- $A1A_{16}$ [$1010\ 0001\ 1010_2$; 2586_{10}]
- 123_H [$0001\ 0010\ 0011_2$; 291_{10}]

Esercizi

- **determinare la base X in cui vale la seguente uguaglianza:**
  $43_X + 24_X = 100_X$ [x = 7]
- **effettuare i seguenti cambiamenti di base:**
  - 23_{10} in base 6 [35_6]
  - 11_7 in base 10 [8_{10}]

Operazioni aritmetiche

1000 euro di stipendio,
meno 500 euro di affitto,
meno 100 euro di benzina,
meno ...

Somma in binario

Regole base:

0 + 0 = 0

0 + 1 = 1

1 + 0 = 1

1 + 1 = 0 (carry = 1)

Somma in binario

Si effettuano le somme parziali tra i bit dello stesso peso, propagando gli eventuali riporti:

```
 1 1
 0 1 1 0 +
 0 1 1 1 =
---------
 1 1 0 1
```

Overflow

Si usa il termine *overflow* per indicare l'errore che si verifica in un sistema di calcolo automatico quando il risultato di un'operazione non è rappresentabile con la medesima codifica e numero di bit degli operandi.

Overflow

Nella somma in binario puro si ha overflow quando:

- **si lavora con numero fisso di bit**
- **si ha carry sul MSB**

Overflow - esempio

***Ipotesi*: operazioni su numeri da 4 bit codificati in binario puro**

```
              0101 +
              1110 =
             -----------
overflow →   10011
```

Sottrazione in binario

Regole base:

0 - 0 = 0
0 - 1 = 1 (borrow = 1)
1 - 0 = 1
1 - 1 = 0

Sottrazione in binario

Si effettuano le differenze parziali tra i bit dello stesso peso, propagando gli eventuali prestiti:

```
  0 2
  0 1 2
  1 0 0 1 –
  0 1 1 1 =
  -------
  0 0 1 0
```

Overflow

Nella sottrazione in binario puro si ha overflow quando:

- **si lavora con numero fisso di bit**
- **si ha borrow sul MSB**

Overflow - esempio

***Ipotesi*: operazioni su numeri da 4 bit codificati in binario puro**

```
overflow →   10101 –
              1100 =
            -----------
              1001
```

Moltiplicazione e divisione in binario

In linea teorica è possibile operare come nel sistema decimale.

Nella pratica spesso si usano accorgimenti particolari basati sull'operazione di *shift*.

L'operazione di shift

- **consiste nel "far scorrere" i bit (a sinistra o a destra) inserendo opportuni valori nei posti lasciati liberi**
- **equivale ad una moltiplicazione o divisione per una potenza di due**
- **errori: overflow e troncamento**

Shift a sinistra

- si inserisce come LSB un bit a zero
- equivale ad una moltiplicazione per due
- esempi (binario puro su 4 bit):

0011 « 1 = 0110 (3 × 2 = 6)
0011 « 2 = 1100 (3 × 4 = 12)
0011 « 3 = 1000 overflow!

Moltiplicazione / shift

E' possibile eseguire un qualunque prodotto usando solo operazioni di shift e somma:

34 × 7 = 34 × (4 + 2 + 1)
= 34 × 4 + 34 × 2 + 34 × 1
= 34 « 2 + 34 « 1 + 34

Shift a destra

- equivale ad una divisione per due
- shift logico: inserisce come MSB un bit a zero
- shift aritmetico: inserisce un bit uguale al MSB
- esempi (shift logico in binario puro su 4 bit):

0110 » 1 = 0011 (6 : 2 = 3)
0110 » 2 = 0001 (6 : 4 = 1)
troncamento!

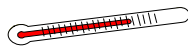
Esercizi

Trasformare gli operandi in binario (codifica naturale su 5 bit) e quindi eseguire le seguenti operazioni, segnalando eventuali errori:

- **23 + 12 6 + 7**
- **23 – 12 6 – 7**
- **5 << 2 5 << 4**
- **17 >> 2 17 >> 3 (shift logico)**

I numeri relativi

+ 32 ºC

-5 ºC

I numeri con segno

Il segno dei numeri può essere solo di due tipi:

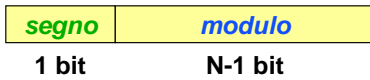
positivo (+)

negativo (–)

E' quindi facile rappresentarlo in binario ... ma non sempre la soluzione più semplice è quella migliore!

Codifica "modulo e segno"

- un bit per il segno:
  - 0 = segno positivo (+)
  - 1 = segno negativo (–)
- N-1 bit per il valore assoluto (anche detto *modulo*)

segno	modulo
1 bit	N-1 bit

Modulo e segno: esempi

Usando una codifica su quattro bit:

$+3_{10} \rightarrow 0011_{M\&S}$

$-3_{10} \rightarrow 1011_{M\&S}$

$0000_{M\&S} \rightarrow +0_{10}$

$1000_{M\&S} \rightarrow -0_{10}$

Modulo e segno

Svantaggi:

- doppio zero (+ 0, - 0)
- operazioni complesse
- es. somma A+B

	A > 0	A < 0
B > 0	A + B	B - |A|
B < 0	A - |B|	- (|A| + |B|)

Modulo e segno: limiti

In una rappresentazione su N bit:

$$-(2^{N-1}-1) \leq x \leq +(2^{N-1}-1)$$

Esempi:

- **8 bit = [-127 ... +127]**
- **16 bit = [-32,767 ... +32,767]**

Complemento a uno (operazione)

Considerando numeri binari da N bit, si definisce *complemento a uno* di un numero A la quantità:

$$\overline{A} = 2^N - 1 - A$$

Viene anche detto semplicemente *complemento*.

Si indica con una linea orizzontale sopra al numero oppure con un apostrofo (A').

Complemento a uno

Regola pratica:

il complemento a uno di un numero binario A si ottiene cambiando il valore di tutti i suoi bit

Esempio:

$$A = 1011 \rightarrow \overline{A} = 0100$$

Complemento a due (operazione)

Considerando numeri binari da N bit, si definisce *complemento a due* di un numero A la quantità:

$$\overline{\overline{A}} = 2^N - A = \overline{A} + 1$$

Complemento a due

Regola pratica:

il complemento a due di un numero binario A si ottiene sommando uno al suo complemento

Esempio:

$A = 1011,\ \overline{A} = 0100 \rightarrow \overline{\overline{A}} = 0101$

Complemento a due (bis)

Regola pratica (bis):

il complemento a due di un numero binario A si ottiene partendo dal LSB e copiando tutti i bit sino al primo "1" incluso e complementando tutti i bit successivi.

Esempio:

$A = 10110 \rightarrow \overline{\overline{A}} = 01010$

Codifica in complemento a due

Per rappresentare numeri relativi:

$(A \geq 0)$ $A_{CA2} = 0\ A_2$

$(A < 0)$ $A_{CA2} = \overline{\overline{|\,A\,|_2}}$

Così facendo, l'MSB indica sempre il segno:

- **0 = +**
- **1 = –**

Complemento a due: esempi

Usando una codifica su quattro bit:

$+\ 3_{10} \rightarrow 0\ (\ 3_2\ ) \rightarrow 0011_{CA2}$

$-\ 3_{10} \rightarrow \overline{0011} + 1 \rightarrow 1101_{CA2}$

$0000_{CA2} \rightarrow +\ (\ 000\ ) \rightarrow +\ 0_{10}$

$1000_{CA2} \rightarrow -\ (\ \overline{1000 - 1}\ ) \rightarrow -\ 8_{10}$

CA2: esempio con passaggi

Quesito:

- **1000 (CA2 su 4 bit) = x (base 10)?**

Passaggi:

- **1000 – 1 = 0111**
- **(0111)' = 1000**
- **1000 (base 2) = 8 (base 10)**

Risposta:

- **x = – 8**

Esercizi

Trasformare i seguenti numeri da (oppure a) codifica modulo e segno e complemento a due su 5 bit:

- $+11_{10}$ -11_{10}
- $+13_{10}$ -13_{10}
- 01010_2 11010_2

Complemento a due: limiti

In una rappresentazione su N bit:

$$-2^{N-1} \le x \le +(2^{N-1}-1)$$

Esempi:

- **8 bit = [-128 ... +127]**
- **16 bit = [-32,768 ... +32,767]**

Somma e sottrazione in CA2

La somma si effettua direttamente, senza badare ai segni degli operandi:

$$A_{CA2} + B_{CA2} \rightarrow A_{CA2} + B_{CA2}$$

La sottrazione si effettua sommando al minuendo il CA2 del sottraendo:

$$A_{CA2} - B_{CA2} \rightarrow A_{CA2} + \overline{\overline{B_{CA2}}}$$

Somma in CA2 - esempio

00100110 + 11001011

```
00100110 +
11001011 =
---------------
11110001
```

verifica: 38 + (– 53) = – 15

Sottrazione in CA2 - esempio

00100110 – 11001011

```
00100110 +
00110101 =
---------------
01011011
```

verifica: 38 – (– 53) = 91

Shift a destra in complemento a due

- **quando si effettua lo shift a destra di un numero in complemento a due, si fa sempre lo shift aritmetico (perché il MSB è significativo)**
- **esempio (CA2 su 4 bit):**
  – 5 » 1
  1011 » 1 = 1101 (con troncamento)
  verifica: 1101_{CA2} = 0011 = – 3_{10}

Shift a sinistra in complemento a due

- quando si effettua lo shift a sinistra di un numero in complemento a due, si inserisce a destra uno zero ma si deve prestare attenzione all'overflow
- esempio (CA2 su 4 bit):
  +5 « 1
  ossia
  0101 « 1 = 1010 (overflow!)
  verifica:
  $0101_{CA2} = +5_{10}$
  $1010_{CA2} = -6_{10}$

Overflow nella somma in CA2

Operandi con segno discorde: non si può mai verificare overflow

Operandi con segno concorde: c'è overflow quando il risultato ha segno discorde

In ogni caso, si trascura sempre il carry sul MSB

Overflow in CA2

```
0101 +          1110 +
0100 =          1101 =
---------      ----------
1001           11011 =
 ↑               1011
overflow!        OK
```

Codice eccesso K

Si rappresentano i numeri interi relativi sommando a ciascuno una quantità fissa K (detta *offset* o *bias*) e poi codificandoli in binario puro.

Codifica (decimale – binario): $B_2 = (N_{10} + K)_2$

Decodifica (binario – decimale): $N_{10} = (B_2)_{10} - K$

Esempio (codice eccesso 4 su 3 bit):

– 4 … 0 … 000
– 3 … 1 … 001
– 2 … 2 … 010
– 1 … 3 … 011
+ 0 … 4 … 100
+ 1 … 5 … 101
+ 2 … 6 … 110
+ 3 … 7 … 111

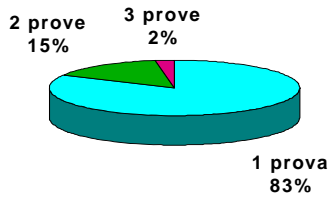
Codice eccesso K: analisi

- si opera sempre tra numeri binari naturali
- operazioni aritmetiche molto semplici
- possibile avere diversi intervalli di valori
  - simmetrico, scegliendo $K = 2^{N-1}$
  - asimmetrico, scegliendo $K \neq 2^{N-1}$

Rappresentazioni numeriche

- dati N bit …
- … si possono codificare 2^N “oggetti” distinti
- … usabili per varie rappresentazioni numeriche
- esempio (usando 3 bit):

“oggetti” binari	000	001	010	011	100	101	110	111
num. naturali	0	1	2	3	4	5	6	7
num. relativi (M&S)	+0	+1	+2	+3	-0	-1	-2	-3
num. relativi (CA2)	+0	+1	+2	+3	-4	-3	-2	-1
num. relativi (ecc. 2)	-2	-1	+0	+1	+2	+3	+4	+5

I numeri razionali (o frazionari)

Numeri razionali

Esprimibili come un rapporto di numeri interi.

In altre parole sono il risultato di una divisione tra numeri interi.

Rappresentati in forma frazionaria oppure con:

- **parte intera**
- **parte frazionaria**

Ad esempio:

R = 15 / 4 = 3.75

Conversione in binario della parte frazionaria di un numero

$$A = 0, \dots$$
$$= a_{-1}\, 2^{-1} + a_{-2}\, 2^{-2} + \dots$$
$$2 \times A = a_{-1}\, 2^{0} + a_{-2}\, 2^{-1} + a_{-3}\, 2^{-2} + \dots$$
$$= a_{-1} + (a_{-2}\, 2^{-1} + a_{-3}\, 2^{-2} + \dots)$$

Si ottiene quindi:

$$a_{-1} = \mathit{int}\,(2 \times A)$$
$$a_{-2} = \mathit{int}\,(2 \times \mathit{fraz}(2 \times A))$$
$$a_{-3} = \mathit{int}\,(\dots)$$

Parte frazionaria

Regola pratica:

- **moltiplicazioni successive per due**
- **si considerano le parti intere nell'ordine in cui sono state generate**

.25	.5	.0
	0	1

$$(0.25)_{10} = (0.01)_2$$

Numeri non rappresentabili

Esistono numeri decimali frazionari finiti non rappresentabili *esattamente* in binario (numero infinito di cifre):

.4	.8	.6	.2	.4	...
	0	1	1	0	...

$$(0.4)_{10} = (0.\overline{0110})_2$$

Problema: quante cifre si considerano?

Errore assoluto (ε)

Dato un numero A composto da N cifre, l'errore assoluto della sua rappresentazione è la quantità - non nulla - più piccola (in valore assoluto) rappresentabile con N cifre.

Errore assoluto - esempi

Qualunque sia la base ed il numero di cifre N, la precisione assoluta dei numeri interi è sempre 1:

- **es. 5_{10} $\varepsilon = 1_{10}$**
- **es. 27_{10} $\varepsilon = 1_{10}$**

La precisione assoluta dei numeri razionali dipende dal numero di cifre usate per rappresentarli:

- **es. 0.5_{10} $\varepsilon = 0.1_{10}$**
- **es. 0.50_{10} $\varepsilon = 0.01_{10}$**
- **es. 1.0_{10} $\varepsilon = 0.1_{10}$**

Errore relativo (η)

Dato un numero A composto da N cifre, l'errore relativo della sua rappresentazione è il rapporto tra l'errore assoluto ed il valore assoluto del numero

$$\eta = \frac{\varepsilon}{|A|}$$

Errore relativo - esempi

L'errore relativo della rappresentazione di qualunque numero (sia intero sia razionale) è variabile e dipende sia dal valore che dal numero di cifre usato per la rappresentazione.

- **es. 100 $\varepsilon = 1$ $\eta = 1\ \%$**
- **es. 200 $\varepsilon = 1$ $\eta = 0.5\ \%$**

Approssimazione dei numeri frazionari

L'errore assoluto è inferiore al peso del LSB:

$0.01_2 : \varepsilon \le 1/4$

Verifica:

- **limite inferiore (best case)** $0.010000... = 0.25$
- **limite superiore (worst case)** $0.011111... =$
  $= 1/4 + 1/8 + 1/16 + ...$
  $= 1/4 \times (1 + 1/2 + 1/4 + ...)$
  $< 0.25 \times 2$
- **intervallo** $[\ 0.25 ... 0.5\ [\ < 1/4$

Approssimazione dei numeri frazionari

Dato l'errore decimale desiderato, si deve includere nella rappresentazione almeno la cifra binaria di peso immediatamente inferiore

0.4_{10} (con $\varepsilon \le 0.1_{10}$) $= 0.0110_2$

$(1/16 < 0.1_{10})$

Verifica:

- $0.0110_2 = 0.375_{10}$
- $|\ 0.4 - 0.375\ | = 0.025 < 0.1$

Esercizi

Trasformare i seguenti numeri decimali in binario puro con errore assoluto inferiore a 1/100:

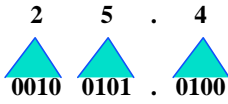
- 0.30_{10} 0.70_{10} 0.50_{10}

Trasformare i seguenti numeri binari in decimale, indicando la loro precisione assoluta:

- 0.0011_2 0.1010000_2 0.101_2

Codice BCD (Binary-Coded Decimal)

Si codificano in binario su quattro bit le singole cifre decimali:

2	5	.	4
0010	0101	.	0100

$(25.4)_{10} = (0010\ 0101\ .\ 0100)_{BCD}$

Codice BCD

- \+ **nessun errore di conversione**
- \+ **stessa precisione dei calcoli decimali**
- – **spreco di bit rispetto alla notazione binaria pura (1010 ... 1111 non usati)**
- – **operazioni lente (sono decimali!)**

Talvolta usato nei programmi contabili

Numeri reali

Problematiche:

- **intervallo di valori rappresentabile**
- **precisione della rappresentazione**
  - **errore assoluto**
  - **errore relativo**

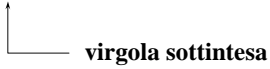
Rappresentazione fixed-point

Si usa un numero fisso di bit per la parte intera e per quella frazionaria (e non si rappresenta la virgola!)

Ad esempio (4 + 4 bit, binario puro):

15.9375 = 1111 1111

0.0625 = 0000 0001

virgola sottintesa

Fixed-point

\+ operandi allineati = operazioni facili

\+ precisione assoluta fissa

– piccolo intervallo di valori

– divisione tra parte intera e parte frazionaria fissa e non adatta a tutti i campi applicativi

– precisione relativa variabile

Il fixed-point viene quindi usato raramente nei sistemi general-purpose, mentre è più frequente nei sistemi special-purpose.

Codifica fixed-point in CA2

- si consideri il numero A = I.F
  ove I = *int* (A) e F = *fraz* (A)
- se $A \geq 0 \rightarrow A_{CA2} = 0\ I_2 . F_2$
- se $A < 0 \rightarrow A_{CA2} = \overline{I_2 . F_2} + 1_{LSB}$

Limiti della codifica fixed-point CA2

Con N bit per la parte intera e F bit per la parte frazionaria:

- ***frazmax*** **=** $1/2 + 1/4 + ... + 1/2^F$
- **max =** $+ (2^{N-1} - 1) \,.\,$ ***frazmax***
- **min =** $- 2^{N-1} \,.\, 0$
- **risoluzione (o *step*) =** $1/2^F$

Limiti della codifica fixed-point CA2

Esempio (fixed-point, CA2, 3 I + 2 F):

- **max = 011 11 = + 3 . 75**
- **min = 100 00 = – 4 . 0**
- **step = 000 01 = 0.25**
- **valori**
  –4.0 –3.75 –3.5 –3.25
  –3.0 –2.75 –2.5 . . .
  . . . . +2.75
  +3.0 +3.25 +3.5 +3.75

Rappresentazione floating-point

Si usa sempre il formato esponenziale:

$$N = \text{mantissa} \cdot \text{base}^{\text{esponente}}$$

Vari formati decimali:

- **esempi di possibili codifiche per N=35000**
- **standard** $3.5 \cdot 10^4$ **3.5E+4**
- **scientifico** $0.35 \cdot 10^5$ **0.35E+5**
- **ingegneristico** $35 \cdot 10^3$ **35E+3**

Floating-point

+ grande intervallo di valori
+ errore relativo fisso
– operandi non allineati
  → operazioni complesse
– errore assoluto variabile

Formato IEEE-754

Standard IEEE per il floating-point:

- mantissa nella forma “1, ...”
- “1,” sottinteso
- mantissa in modulo e segno
- base 2
- esponente in codice *eccesso K*

Singola precisione (SP)

IEEE-754 usa 32 bit con l’esponente in codice eccesso 127:

segno	*esponente*	*mantissa*
1 bit	8 bit	23 bit

Doppia precisione (DP)

IEEE-754 usa 64 bit con l'esponente in codice eccesso 1023:

segno	*esponente*	*mantissa*
1 bit	11 bit	52 bit

IEEE-754 – codifiche speciali

E	M	valore
0	0	±0
0	≠ 0	non normalizzato
max	0	±∞
max	≠ 0	NaN (Not a Number)

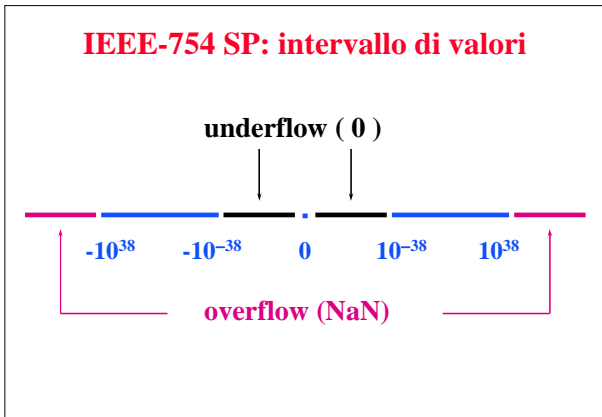
IEEE-754 SP

$M_{min} = 1$ **$M_{max} < 2$**

$E_{min} = -126$ **$E_{max} = +127$**

Valori rappresentabili:

- **zero**
- **$(2^{-126} \ldots 2^{127}) \sim (10^{-38} \ldots 10^{38})$**
- **$(-2^{127} \ldots -2^{-126}) \sim (-10^{38} \ldots -10^{-38})$**

IEEE-754 SP: intervallo di valori

IEEE-754: cifre significative

Singola precisione:

- |M| = 24 bit → 7 cifre decimali

Doppia precisione:

- |M| = 53 bit → 16 cifre decimali

Conversione da decimale a IEEE-754 SP

Convertire –23.625 in IEEE-754 SP:

S = 1

$23.625_{10} = 10111.101_2 = 1.0111101_2 \cdot 2^4$

M = 01111010...0

E = 4 + 127 = 131 = 10000011

1 10000011 01111010000000000000000

Conversione da IEEE-754 SP a decimale

0 01111110 00100000000000000000000

S = 0 → segno positivo

E = 01111110_2 = 126 - 127 = - 1 → 2^{-1}

M = 1.$00100000000000000000000_2$

A = + $1.001_2 \cdot 2^{-1}$ = + 0.1001_2 = + 0.5625000

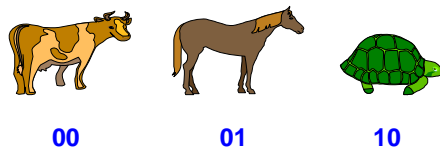
Per concludere, ricordate che …

http://www.thinkgeek.com/tshirts/frustrations/5aa9/

Elaborazione dell'informazione non numerica

Informazione non numerica

Se in quantità finita, si può mettere in corrispondenza coi numeri interi.

00 **01** **10**

Dagli oggetti ai codici

Per rappresentare K oggetti distinti occorre un numero minimo di bit pari a:

$$N = \lceil \log_2 K \rceil$$

$\lceil x \rceil$ è la funzione *ceiling*: il più piccolo numero intero maggiore o uguale a quello dato

$\lceil 3.9 \rceil = 4$ $\lceil 4.0 \rceil = 4$ $\lceil -3.9 \rceil = -3$

Caratteri

Occorre una codifica standard perché è il genere di informazione più scambiata:

- **codice ASCII (American Standard Code for Information Interchange)**
- **codice EBCDIC (Extended BCD Interchange Code)**

Codice ASCII

Usato anche nelle telecomunicazioni.

Usa 7 bit (8 bit) per rappresentare:

- **52 caratteri alfabetici (`a...z A...Z`)**
- **10 cifre (`0...9`)**
- **segni di interpunzione (`,;!?...`)**
- **caratteri di controllo**

Caratteri di controllo

	CR	(13)	Carriage Return
LF,	NL	(10)	New Line, Line Feed
FF,	NP	(12)	New Page, Form Feed
	HT	(9)	Horizontal Tab
	VT	(11)	Vertical Tab
	NUL	(0)	Null
	BEL	(7)	Bell
	EOT	(4)	End-Of-Transmission
	. . .	. . .	. . .

Codice ASCII - esempio

```
01000001  A      00100000
01110101  u      01110100  t
01100111  g      01110101  u
01110101  u      01110100  t
01110010  r      01110100  t
01101001  i      01101001  i
00100000         00100001  !
01100001  a
```

Rappresentazione di un testo in formato ASCII

- caratteri in codice ASCII
- ogni riga terminata dal ***terminatore di riga***:
  - in MS-DOS e Windows = CR + LF
  - in UNIX = LF
  - in MacOS = CR
- pagine talvolta separate da FF

Codice ASCII: problema

Un testo è composto di 40 pagine, ciascuna contenente 50 righe di 60 caratteri.

Se il testo viene codificato in ASCII, con righe terminate da CR-LF e pagine terminate da FF, quanti byte sono necessari per memorizzare il testo?

riga: 60 caratteri + CR + LF = 62 byte

pagina: 50 × 62 + FF = 3101 byte

testo: 40 × 3101 = 124,040 byte
testo: 124,040 : 1024 = 121.1 KB

Caratteri estesi

I caratteri con codice ASCII maggiore di 127 non sono standard (perché non presenti nel codice ASCII originale che era su soli 7 bit).

In pratica i caratteri con MSB=1 sono usati per:

- codici di controllo aggiuntivi
- alfabeti locali (es. à á ä ã æ)
- caratteri grafici (es. ♣ ♦ ♥ ♠ ∝ ⇔ √)

Codifiche ASCII estese

Telecomunicazioni:

- MSB è bit di parità

Computer:

- *code page (CP)* nazionali
- es. MS-DOS CP 850 (138 = è, 232 = Þ)
- es. MS-Windows CP 1252 (138 = Š, 232 = è)
- es. ISO-8859-1 (138 = VTS, 232 = è)

Nota: ISO-8859-1 è il default per le pagine web

Codifiche ISO (per ASCII esteso)

ISO-8859-1 (Latin-1) = europa occidentale
ISO-8859-2 (Latin-2) = europa centrale
ISO-8859-3 (Latin-3)
ISO-8859-4 (Latin-4) = paesi baltici
ISO-8859-5 (Latin/Cyrillic)
ISO-8859-6 (Latin/Arabic)
ISO-8859-7 (Latin/Greek)
ISO-8859-8 (Latin/Hebrew)
ISO-8859-9 (Latin-5) = Turchia

UNICODE e UTF-8

Unicode esprime tutti i caratteri di tutte le lingue del mondo (più di un milione).

UTF-8 è la codifica di Unicode più usata:

- 1 byte per caratteri US-ASCII (MSB=0)
- 2 byte per caratteri Latini con simboli diacritici, Greco, Cirillico, Armeno, Ebraico, Arabo, Siriano e Maldiviano
- 3 byte per altre lingue di uso comune
- 4 byte per caratteri rarissimi
- raccomandata da IETF per e-mail

Compressione dei dati

- per ridurre la quantità di dati da memorizzare / trasmettere si può cercare di eliminare le ripetizioni
- esempio (con fattore moltiplicativo)
  AAAAAAABAAAAAAA può diventare
  7xA B 7xA
- esempio (con "dizionario")
  "I Torinesi abitano a Torino" può diventare "I äesi abitano a äo" con l'informazione aggiuntiva (=dizionario)
  ä = Torin

Compressione senza / con perdita

- compressione senza perdita (*lossless*) se è possibile ricostruire esattamente i dati originali
- compressione con perdita (*lossy*) se si ricostruiscono dei dati molto simili ma non identici a quelli originali (si trascura qualche dettaglio)
- esempio (compressione lossy)
  AAAAAAABAAAAAAA può diventare
  15 x A (trascurando B)

Misurazione della compressione

Rapporto o fattore di compressione:

- C = dim. dati / dim. dat compressi
- solitamente espresso come N:1 o Nx

Risparmio di spazio:

- S = 1 – dim. dat compressi / dim. dati
- solitamente espresso come %

Misurazione della compressione

Esempio – 10 MB compressi a 2 MB:

- C = 5 : 1 (o 5x)
- S = 80%

NOTA: spesso è chiamato “fattore di compressione” il risparmio di spazio (!!!)

Non fidarsi quindi del termine usato ma guardare l’unità di misura:

- K% è un risparmio di spazio
- N:1 o Nx è un fattore di compressione

Codifica di immagini

- se l’immagine è molto complessa ed irregolare si preferisce una codifica *raster* (anche detta *bitmap* o *pixmap*), ossia fatta punto per punto
- punto = *dot* o *pixel* (picture element)
- se l’immagine contiene forme geometriche regolari si preferisce una codifica *vettoriale*, ossia fatta specificando gli elementi geometrici

Codifica raster

- si suddivide l'immagine in tanti punti, definendo R righe e C colonne
- per ogni punto si memorizza il colore:
  - scelto tra i 2^N disponibili nella tavolozza (*palette*)
  - colore = dato codificato su N bit (spesso indicato con BPP, bit-per-pixel)
- memoria totale per un'immagine:

$$M = R \times C \times N \quad [\text{ bit }]$$

Formati raster: BMP e GIF

BMP (Bitmap)
- Microsoft
- pixmap, senza compressione

GIF (Graphic Interchange Format):
- 8 BPP (256 colori) → immagini semplici
- buona compressione (senza perdita)
- animazione tramite sequenza

Formati raster: PNG

PNG (Portable Network Graphics)
- standard W3C
- ottima compressione (senza perdita)
- 24 BPP (16M colori) RGB, palette RGB, greyscale
- ottimizzato per grafica (es. icone, disegni)
- ottimizzato per fotografie

Formati raster: JPEG

JPEG (Joint Photographic Experts Group):

- 24 BPP (16M colori) → vasta gamma di colori e sfumature
- grado di compressione variabile
- massima compressione con perdita
- ottimizzato per fotografie
- file con estensione .JPG o .JPEG

Codifica vettoriale

- si identificano gli elementi geometrici presenti (linee, cerchi, ...)
- si codificano con un opportuno formato (es. `LINE(0,0,10,10)`)
- formati più comuni:
  - CGM, DWG, DXF
  - PostScript e PDF sono formati misti raster/vettoriale/testo

Modifica dimensioni di un'immagine

- si parla di "scaling": riduzione o ingrandimento
- in generale scalano meglio le immagini vettoriali (=istruzioni per disegnarle) che quelle raster (=riduzione o ingrandimento dei pixel)
- differenza evidente soprattutto negli ingrandimenti

Scaling: confronto raster - vettoriale

raster vettoriale

Esercizio

Un calcolatore ha una memoria grafica di 4 MB usata in modo raster senza compressione; quanti colori può visualizzare simultaneamente con una risoluzione di 1024 x 768?

Risposta: circa 4000 miliardi di colori

Codifica di filmati video

- filmato = sequenza di immagini (ciascuna chiamata fotogramma o *frame*)
- minimo 16 frame/s (FPS) affinché l'occhio umano non percepisca i singoli fotogrammi
- è inefficiente codificare completamente ogni frame
- alcuni frame si codificano tutti, altri solo nelle parti che differiscono da quelli "adiacenti"

Formati video

MPEG (Moving Picture Experts Group):
- standard anche non informatico (SAT, DTT)
- molto efficiente ma complesso

QuickTime:
- proposto da Apple
- un po' meno efficiente ma più semplice

Indeo / AVI:
- proposto da Intel, usato da MS
- inefficiente

MPEG

MPEG-1 (1991)
- per video-CD e CD-I; 1.5 Mbps

MPEG-2 (1994)
- per TV digitale (e DVD); 4 … 10 Mbps

MPEG-4 (1998)
- interattività
- compressione (64 Kbps o 2 Mbps)

MPEG-7 (in corso di sviluppo)
- meta-informazioni su dati multimediali, per indicizzazione e ricerca

Formati video TV (analogici)

PAL (Phase Alteration by Line)
- Europa ed Asia
- 576 righe di 768 pixel, 25 FPS

NTSC (National Television Standards Committee)
- USA
- 525 righe di 768 pixel, 30 FPS

nota: pellicola cinematografica = 24 FPS

Codifica di suoni

- frequenze udibili < 4 KHz
- campionamento ad intervalli regolari (valore tipico 44 KHz)
- 10 MB = 1’ di audio con qualità CD musicale (stereo, 16 bit/campione)
- compressione tipica 2:1 (lossless)
  - formato WAV (PC MS-Windows)
  - formato AU (Next, SUN)
  - formato AIFF (Apple, SGI)

Formato CD audio

Brani digitali su CD audio codificati con:

- 16 bit/campione
- 2 canali (stereo)
- campionamento a 44.1 kHz

Velocità di lettura/trasmissione (bitrate):

- 44,100 camp/s x 16 bit/camp x 2 canali
- = 1,400,000 bit/s (bps, bit-per-second)
- = 175,000 byte/s (Bps, byte-per-second)

Capacità di un CD

Capacità nominale è per registrare dati

- 650 o 700 MB (equivalenti a 74’ o 80’)

Settori fisici da 2352 byte per:

- settori logici dati (es. MP3) = 2048 byte
- settori logici audio = 2352 byte

Capacità reale è maggiore:

- 700 MB / 2 kB = 358,400 settori fisici
- 358,400 sett x 2352 B/sett = 842,956,800 B
- 842,956,800 B / 175,000 B/s = 4,816” = 80’

Il formato MP3

- MPEG-1 audio layer 3
- compressione con perdita, ma la perdita riguarda parti a cui l'orecchio umano è poco sensibile
- qualità quasi uguale a CD-audio, con compressione 12x
- ottimizzato per velocità 32-320 Kbps (tipicamente, 64 Kbps)

Il formato MIDI

MIDI:

- codifica uno spartito musicale (le note … e gli strumenti che devono eseguirle!)
- solo musica, non voce umana
- per riprodurre i suoni richiede un sintetizzatore o "campioni" dei vari strumenti
- molto efficiente (es. 6'19" della 5ª sinfonia di Beethoven = 91 KB)

Protezione dagli errori

Vari fenomeni fisici possono accidentalmente cambiare l'informazione:

- esposizione ad alte temperature
- radiazioni (es. raggi X, gamma, cosmici)
- interferenze elettromagnetiche
- campi magnetici

Danno permanente = una funzione non è più disponibile

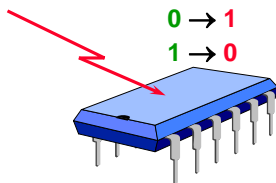
Errore transitorio = modifica di un dato

Errori transitori

Errori in trasmissione:
- **dati ricevuti diversi dai dati inviati**

Errori di memorizzazione:
- **dati letti diversi dai dati scritti**

Tipi di errore

Nel sistema binario, un errore può essere solo l'inversione di un bit:

Codici a rivelazione d'errore

- **EDC = Error Detecting Code**
- **aggiungono ai dati dei bit (di controllo) per rilevare errori**
- **utili quando si dispone di un'altra copia dei dati (es. backup) oppure è possibile ritrasmetterli**

Codici a rivelazione d'errore

Vari codici:

- parità, checksum, CRC-32, …

Esempio (parità dispari):

0 0 1 0 1 0 0 *dato*

1 0 0 1 0 1 0 0 *dato* + *bit di parità*

dati osservati

1 0 0 1 0 1 0 0 *nessun errore*

1 1 0 1 0 1 0 0 *errore* (0 → 1)

1 0 0 1 0 0 0 0 *errore* (1 → 0)

Esercizio

I seguenti numeri sono protetti con un codice di parità dispari ed il bit di parità è il MSB. Indicare quali numeri sono affetti da errore:

- 00110010
- 11001010
- 01000001
- 11100001
- 10101000

Cosa cambierebbe se il bit di parità fosse il LSB?

Codici a correzione d'errore

- ECC = Error Correcting Code
- EDAC = Error Detection And Correction
- aggiungono ai dati dei bit (di controllo) per rivelare e correggere errori
- indispensabili quando non si possono ritrasmettere i dati (es. perché non si può informare il mittente dell'errore)
- codici FEC (Forward Error Correction)

Codici a correzione d'errore

Vari codici: Hamming, Solomon-Reed, …

Esempio (parità orizzontale e verticale, SECDED – Single Error Correction, Double Error Detection):

dati + parità	*dato osservato*	
1 0 0 0 0	1 0 0 0 0	
0 0 0 1 0	0 0 1 1 0	← *errore!*
1 0 1 0 1	1 0 1 0 1	
1 0 0 1 1	1 0 0 1 1	*bit errato*
0 1 0 1 1	0 1 0 1 1	
	↑	*errore!*

Applicazioni di EDC / ECC

- **memorizzazione di dati**
  - **memorie RAM ECC (o EDAC)**
  - **CRC-32 per rilevazione (HD, file ZIP)**
  - **Solomon-Reed per correzione (HD, CD)**
- **trasmissioni in rete**
  - **CRC-32 per pacchetti Ethernet**
  - **checksum per pacchetti IP, UDP e TCP**
- **trasmissioni TV digitale (SAT, DTT)**
- **trasmissioni spaziali**

La logica degli elaboratori elettronici

Ma quale logica del $@#?! ...

La logica Booleana

Nel 1847 George Boole introdusse un nuovo tipo di logica formale, basata esclusivamente su enunciati di cui fosse possibile verificare in modo *inequivocabile* la verità o la falsità.

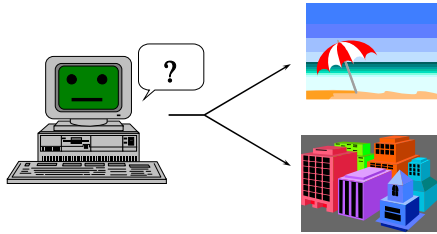
Variabili Booleane

Variabili in grado di assumere solo due valori:

VERO FALSO

In ogni problema è importante distinguere le variabili *indipendenti* da quelle *dipendenti*.

Logica Booleana: un esempio

Se **domani ci sarà il sole**, ***allora*** **andrò a fare una gita.**

"Se domani ci sarà il sole, allora andrò a fare una gita"

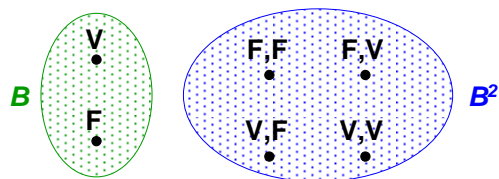
Variabile indipendente:
A **("*domani ci sarà il sole*")**

Variabile dipendente:
B **("*andrò a fare una gita*")**

Relazione:
$A \rightarrow B$ **("*se A, allora B*")**

L'insieme B

E' l'insieme dei valori Booleani:

B = { V, F }

Operatori Booleani

- **operatori unari (es. Not)**

  op : B → B
- **operatori binari (es. And)**

  op : B^2 → B
- **descritti tramite una *tavola della verità***

Tavola della verità (truth table)

A	B	A *op* B
falso	falso	falso
falso	vero	falso
vero	falso	vero
vero	vero	falso

Espressioni Booleane

Un'espressione Booleana è una combinazione di variabili ed operatori Booleani.

Ad esempio:

A e (non B)

Funzioni Booleane

Una funzione Booleana è un'applicazione *molti-a-uno*:

$$f : B^N \rightarrow B$$

Ad esempio:

$$f\,(A, B) = A \text{ e } (\text{ non } B\ )$$

Operatore NOT

A	$\overline{A}$
falso	vero
vero	falso

Nota: per comodità grafica talvolta la negazione è indicata con un apice dopo la variabile o l'espressione negata (es. A')

Operatore AND

A	B	A · B
falso	falso	falso
falso	vero	falso
vero	falso	falso
vero	vero	vero

Operatore OR

A	B	A + B
falso	falso	falso
falso	vero	vero
vero	falso	vero
vero	vero	vero

Operatore XOR

A	B	A ⊕ B
falso	falso	falso
falso	vero	vero
vero	falso	vero
vero	vero	falso

Proprietà commutativa e associativa

$$A \cdot B = B \cdot A$$
$$A + B = B + A$$

$$A \cdot B \cdot C = (A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot C) \cdot B$$
$$A + B + C = (A + B) + C = A + (B + C) = (A + C) + B$$

Proprietà distributiva

$$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$$

$$A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$$

Ordine delle operazioni

- **ordine degli operatori base:**

  (1) NOT
  (2) AND
  (3) OR

- **l'ordine delle operazioni può essere alterato mediante l'uso di parentesi (solitamente si usano solo parentesi tonde)**

Dimostrazioni in algebra Booleana

Siccome l'algebra Booleana contempla solo due valori è possibile effettuare le dimostrazioni (di proprietà o teoremi) considerando *esaustivamente* tutti i casi possibili:

- **2 variabili → 4 combinazioni**
- **3 variabili → 8 combinazioni**
- **4 variabili → 16 combinazioni**
- **ecc.**

Dimostrazioni: un esempio

A + (B · C) = (A + B) · (A + C) ?

A B C	A + B · C	(A + B) · (A + C)
0 0 0	0 + 0 · 0 = 0	(0+0) · (0+0) = 0
0 0 1	0 + 0 · 1 = 0	(0+0) · (0+1) = 0
0 1 0	0 + 1 · 0 = 0	(0+1) · (0+0) = 0
0 1 1	0 + 1 · 1 = 1	(0+1) · (0+1) = 1
1 0 0	1 + 0 · 0 = 1	(1+0) · (1+0) = 1
1 0 1	1 + 0 · 1 = 1	(1+0) · (1+1) = 1
1 1 0	1 + 1 · 0 = 1	(1+1) · (1+0) = 1
1 1 1	1 + 1 · 1 = 1	(1+1) · (1+1) = 1

Teoremi base

A · A' = falso
A + A · B = A
A + A' · B = A + B

A + A' = vero
A · (A + B) = A
A · (A' + B) = A · B

Teorema di De Morgan

Teorema:

f (a, b, ..., z; +, ·) = *f* '(a', b', ..., z'; · , +)

ovvero (negando entrambi i membri):

f ' (a, b, ..., z; +, ·) = *f* (a', b', ..., z'; · , +)

Ad esempio:

A + B = (A' · B')'
(A + B)' = A' · B'

Applicare il teorema di De Morgan

- utile in programmazione per ridurre la complessità (e quindi il tempo di calcolo) di un'espressione Booleana
- i calcolatori impiegano lo stesso tempo a fare un test di uguaglianza o disuguaglianza
- esempio:
  - apertura porta con tesserino per lab in cui gli studenti sono esclusi
  - apri la porta se non è uno studente Polito o Erasmus

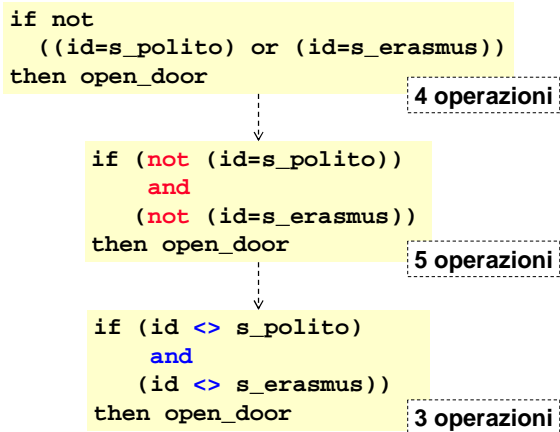
```
if not
  ((id=s_polito) or (id=s_erasmus))
then open_door
```

4 operazioni

```
if (not (id=s_polito))
    and
   (not (id=s_erasmus))
then open_door
```

5 operazioni

```
if (id <> s_polito)
    and
   (id <> s_erasmus))
then open_door
```

3 operazioni

Un aumento di capitale (problema)

La società Alpha effettua un aumento di capitale gratuito: verranno assegnate 100 azioni ordinarie a chi possiede almeno 1000 azioni di risparmio, oppure a chi non le possiede ma ha sottoscritto un precedente aumento di capitale a pagamento.

Un aumento di capitale (analisi)

La società Alpha effettua un aumento di capitale gratuito: verranno assegnate 100 azioni ordinarie a chi possiede almeno 1000 azioni di risparmio, oppure a chi non le possiede ma ha sottoscritto un precedente aumento di capitale a pagamento.

Un aumento di capitale (variabili)

Variabili indipendenti:

- **R (possesso di almeno 1000 azioni di risparmio)**
- **P (sottoscrizione dell'aumento a pagamento)**

Variabile dipendente:

- **A (assegnazione gratuita di 100 azioni ordinarie)**

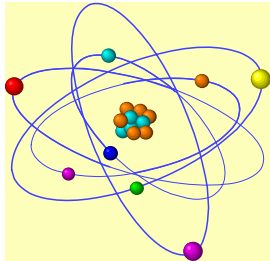
Un aumento di capitale (soluzione)

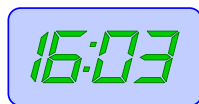
Forma immediata (3 operazioni):

$$A = R + R' \cdot P$$

Forma minima (1 operazione):

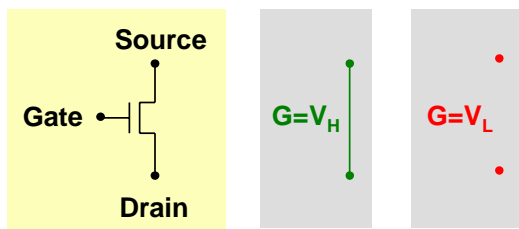
$$A = R + P$$

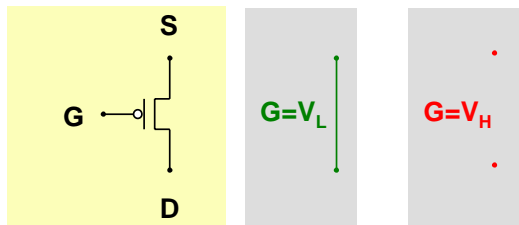
Tecnologia elettronica

Elettrico o elettronico?

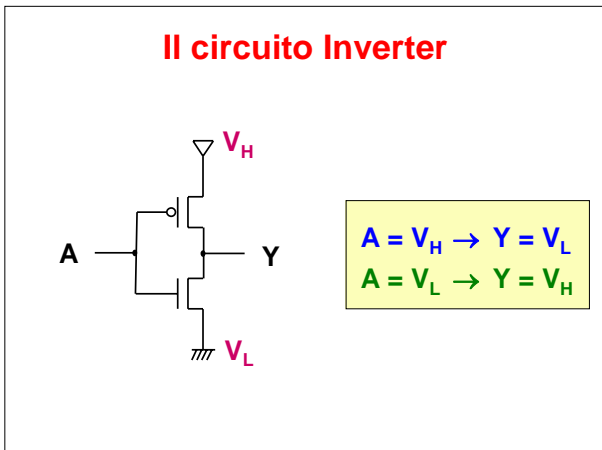
elettrico		*elettronico*
tanti	[elettroni]	pochi
O(100V)	[tensione]	O(V)
O(A)	[corrente]	O(mA)

Il transistore

È l'elemento base degli attuali elaboratori *elettronici digitali*:

- piccole dimensioni (nm)
- basso consumo di energia (μW)
- alta velocità di funzionamento (milioni di operazioni al secondo)

Il transistore MOS (Metal-Oxide Semiconductor)

(transistore MOS a canale *n* , o *nMOS*)

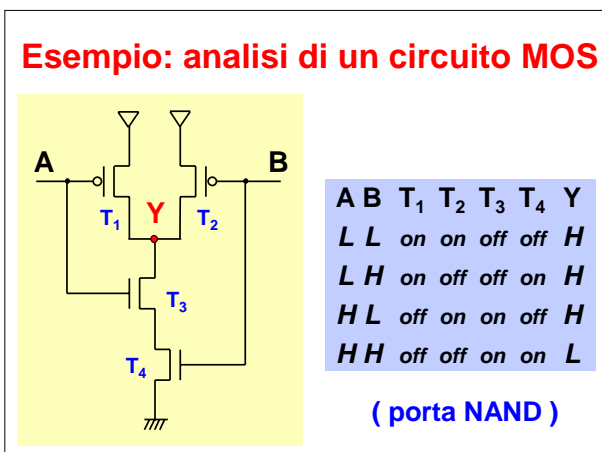
Il transistore MOS (Metal-Oxide Semiconductor)

(transistore MOS a canale p , o pMOS)

Il circuito Inverter

Analisi di un circuito a transistori MOS

- dato un insieme di tensioni sugli ingressi
- si esaminano le tensioni di gate per stabilire lo stato dei transistori (conduce, non conduce)
- partendo dall'uscita del circuito si esaminano i percorsi che conducono verso una tensione definita (VH o VL)
- se tutti i cammini portano ad un'unica tensione l'uscita assumerà lo stesso valore, altrimenti il suo valore sarà indefinito

Esempio: analisi di un circuito MOS

A	B	T_1	T_2	T_3	T_4	Y
L	*L*	*on*	*on*	*off*	*off*	*H*
L	*H*	*on*	*off*	*off*	*on*	*H*
H	*L*	*off*	*on*	*on*	*off*	*H*
H	*H*	*off*	*off*	*on*	*on*	*L*

(porta NAND)

Le porte logiche

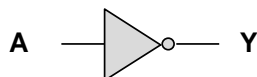
Associando a V_H e V_L due valori logici distinti è possibile *interpretare* il funzionamento dei circuiti elettronici a transistori come operatori Booleani.

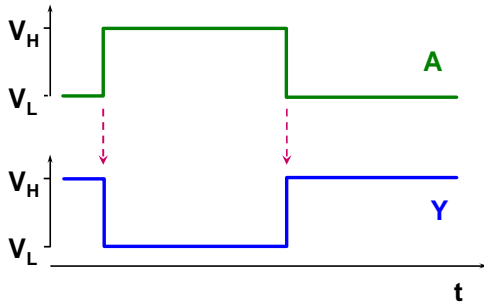
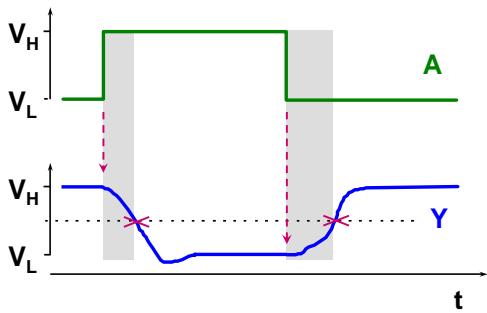
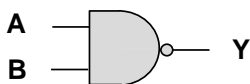
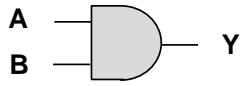
Associando invece due cifre binarie distinte è possibile *interpretare* il funzionamento in modo aritmetico.

Trivalenza di una porta logica

A	*Y*	*interpretazione*
V_L V_H	V_H V_L	circuito Inverter
falso vero	vero falso	operatore Booleano NOT
0 1	1 0	operazione binaria complemento a uno

La porta INV (Inverter)

A → Y

Y = A'

INV: funzionamento ideale
VH
VL
A
VH
VL
Y
t

INV: funzionamento reale
VH
VL
A
VH
VL
Y
t

La porta NAND
A
B
Y
Y = (A · B)' = A' + B'

La porta AND

Y = A · B

La porta NOR

A
B
Y

Y = (A + B)' = A' · B'

La porta OR

A
B
Y

Y = A + B

La porta XNOR (o EQV)

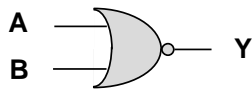
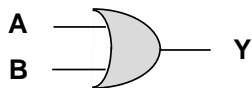
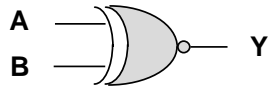
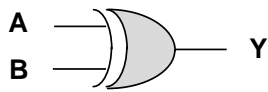
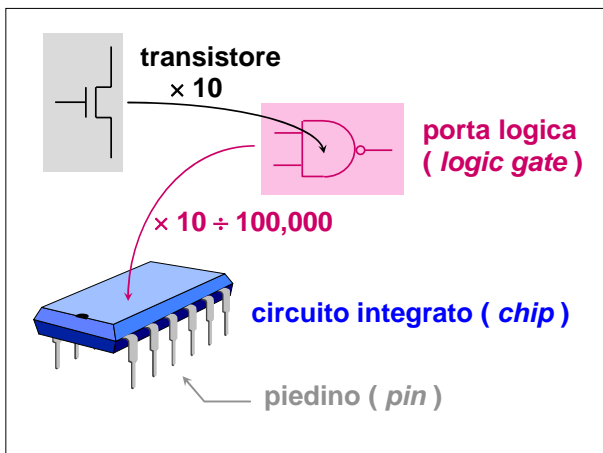
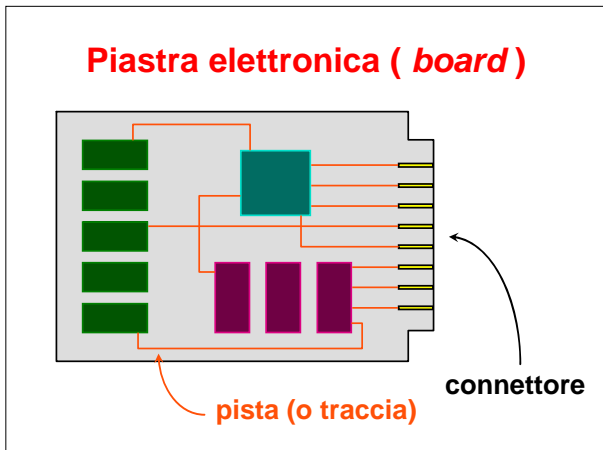
A
B
Y

$$Y = (A \oplus B)' = A \cdot B + A' \cdot B'$$

La porta XOR

A
B
Y

$$Y = A \oplus B = A \cdot B' + A' \cdot B$$

Piastra elettronica (*board*)

Parametri tecnologici

- densità di integrazione
- velocità
  → tempo di propagazione
- potenza elettrica
  → assorbimento di energia
  → sviluppo di calore
- capacità di pilotaggio

Densità di integrazione

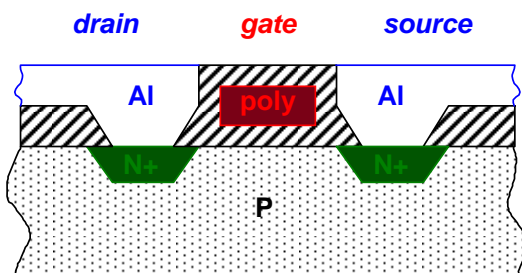
SSI : *Small Scale of Integration*
MSI : *Medium Scale of Integration*
LSI : *Large Scale of Integration*
VLSI : *Very Large Scale of Integration*
ULSI : *Ultra Large Scale of Integration*

Tecnologie a confronto

Tecnologie del silicio:

- TTL (*Transistor-Transistor Logic*)
- CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*)
- ECL (*Emitter-Coupled Logic*)
- BiCMOS (= TTL + CMOS)

Tecnologia dell'arseniuro di gallio (GaAs)

Schema di un transistore nMOS

Circuiti logici combinatori

Sono circuiti il cui valore delle uscite dipende esclusivamente dai valori presenti sugli ingressi ad un *singolo istante* di tempo.

In altre parole, il valore di uscita è una *combinazione* dei valori presenti in ingresso ad un determinato istante.

Circuiti combinatori

Circuiti combinatori ideali:

$$U_t = f (X_t)$$

Circuiti combinatori reali:

$$U_t = f (X_{t - \Delta})$$

Velocità e ritardo

Δ è detto *ritardo di propagazione* ed è il tempo che i segnali impiegano a propagarsi all'interno del circuito.

La *velocità di funzionamento* (massima) è:

$$v = 1 / \Delta$$

Velocità e ritardo

Esempio - porta And:

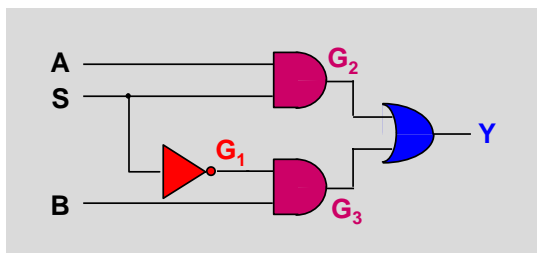
- ritardo = 4 ns
- velocità = 250 milioni AND/s

Esempio - sommatore:

- ritardo = 20 ns
- velocità = 50 milioni somme/s

Analisi di un circuito combinatorio

- per ogni possibile configurazione di valori logici sugli ingressi ...
- ... si calcola il valore delle uscite delle porte che hanno tutti gli ingressi specificati ...
- ... fino ad arrivare alle uscite del circuito

Multiplexer a 1 bit, 2 vie

Analisi del MUX 1:2

A B S	G_1 G_2 G_3	Y
0 0 0	1 0 0	0
0 0 1	0 0 0	0
0 1 0	1 0 1	1
0 1 1	0 0 0	0
1 0 0	1 0 0	0
1 0 1	0 1 0	1
1 1 0	1 0 1	1
1 1 1	0 1 0	1

S=1 → Y=A S=0 → Y=B

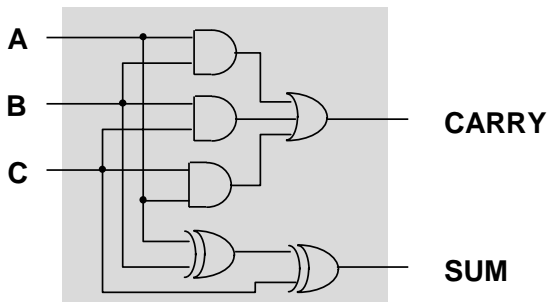
MUX: logica

$$Y = G_2 + G_3 = (A \cdot S) + (G_1 \cdot B) = A \cdot S + S' \cdot B$$

(S=0) $Y = A \cdot 0 + 1 \cdot B = 0 + B = B$
(S=1) $Y = A \cdot 1 + 0 \cdot B = A + 0 = A$

Ritardo di un circuito combinatorio

- il ritardo globale di un circuito combinatorio è dato dal massimo della somma dei ritardi delle porte logiche lungo tutti i possibili percorsi ingresso uscita
- esempio (MUX 1:2, ritardo porta 5 ns):
  - (percorso G2 + Y) 5 + 5 = 10 ns
  - (percorso G3 + Y) 5 + 5 = 10 ns
  - (percorso G1 + G3 + Y) 5 + 5 + 5 = 15 ns
  - ritardo globale = max (10,10,15) = 15 ns

Sommatore completo (*full-adder*)

Full-adder: logica

SUM

= A ⊕ B ⊕ C

= A · B' · C' + A' · B · C' + A' · B' · C + A · B · C

CARRY

= A · B + A · C + B · C

Full-adder: tavola della verità

A B C	Sum	Carry
0 0 0	0	0
0 0 1	1	0
0 1 0	1	0
0 1 1	0	1
1 0 0	1	0
1 0 1	0	1
1 1 0	0	1
1 1 1	1	1

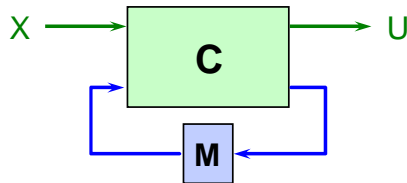
Circuiti sequenziali

Sono circuiti il cui valore delle uscite dipende dai valori presenti sugli ingressi a *diversi istanti* di tempo.

In altre parole, il valore di uscita dipende dalla *sequenza* dei valori in ingresso.

Anche detti circuiti con *memoria*.

Circuiti sequenziali

$U_t = f (X_{t'} , X_{t''} , ...) = g (X_{t'} , M_{t'})$

Sincrono o asincrono?

Funzionamento *sincrono*:

- esiste un segnale di riferimento (solitamente detto *clock*) che sincronizza le operazioni di tutti i circuiti
- ordine → facilità di progetto
- si attende il circuito più lento!

Sincrono o asincrono?

Funzionamento *asincrono*:

- ogni circuito esegue il proprio lavoro in modo indipendente dagli altri ... non appena i dati sono pronti ... o anche quando solo una parte dei dati è disponibile!
- grande velocità
- disordine → difficoltà di progetto

Sincrono o asincrono?

Gli elaboratori elettronici digitali funzionano al 99% in modo sincrono perché, contenendo milioni di elementi logici, è praticamente impossibile progettarli diversamente.

In futuro possibili incrementi di prestazioni deriveranno anche dal passaggio al modo asincrono.

Il flip-flop

È l'elemento base dei circuiti sequenziali:

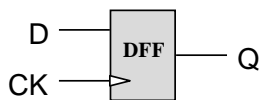
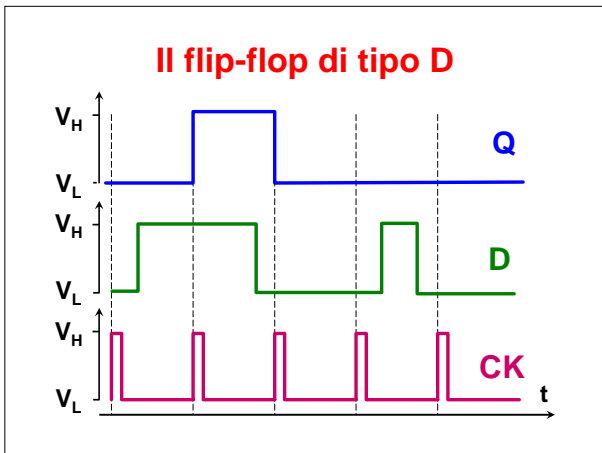
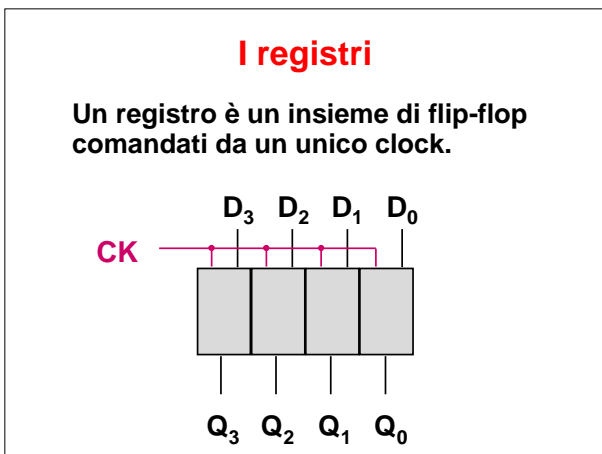
- **memorizza un bit**
- **funzionamento sincrono o asincrono**

Il flip-flop di tipo D sincrono

D
CK
DFF
Q

D	CK	Q
0	↑	0
1	↑	1
0,1	0,1	Q_{-1}

Il flip-flop di tipo D
V_H
V_L
Q
V_H
V_L
D
V_H
V_L
CK
t

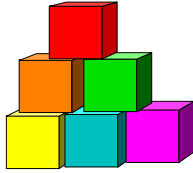
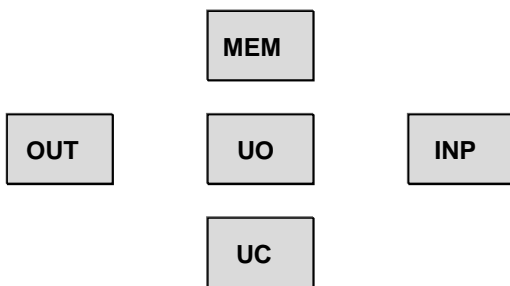
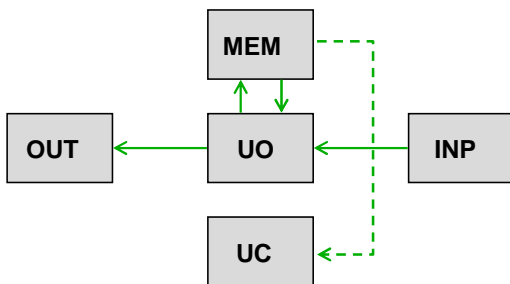
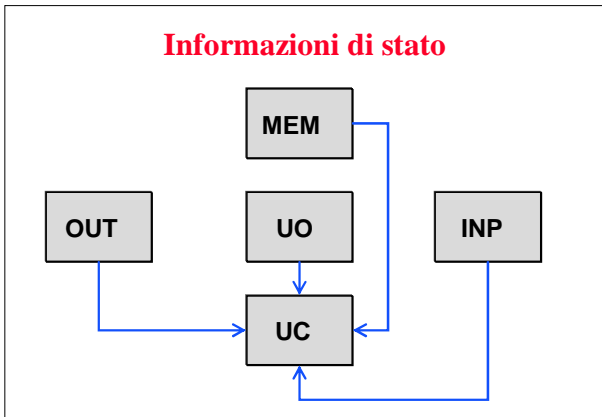
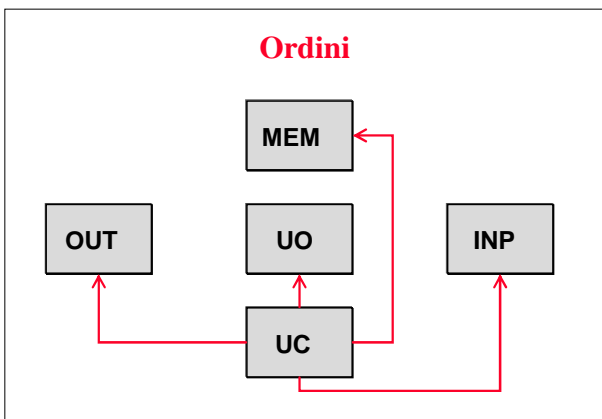
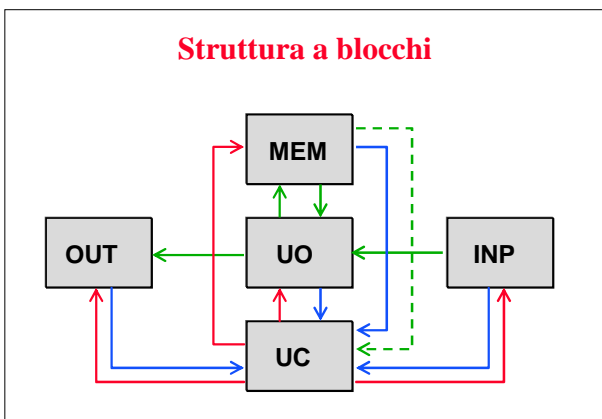
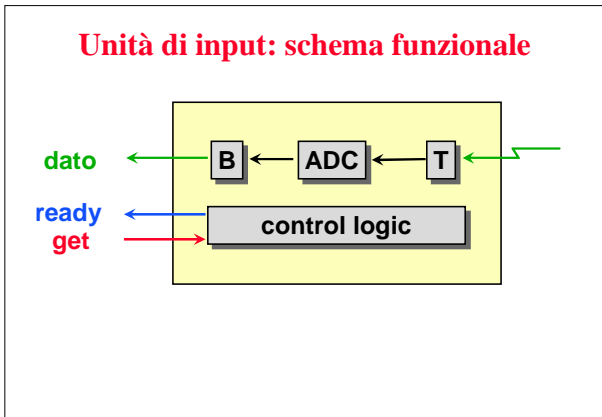
I registri
Un registro è un insieme di flip-flop comandati da un unico clock.
D_3 D_2 D_1 D_0
CK
Q_3 Q_2 Q_1 Q_0

Architettura di un
elaboratore elettronico

Blocchi funzionali
MEM
OUT
UO
INP
UC

Flusso dei dati
MEM
OUT
UO
INP
UC

Informazioni di stato
MEM
OUT
UO
INP
UC

Ordini
MEM
OUT
UO
INP
UC

Struttura a blocchi
MEM
OUT
UO
INP
UC

Unità di input: schema funzionale

Unità di input

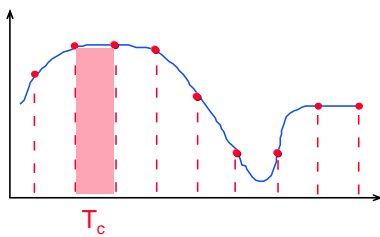
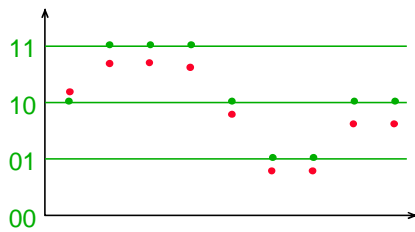
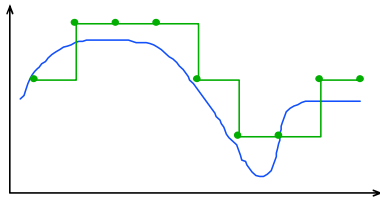
Acquisisce informazioni trasformandole dal mondo umano a quello del computer:

- umano = diversi tipi di segnali fisici, analogici, asincroni
- computer = segnali elettronici, digitali, sincroni

Trasduttore

- trasforma un segnale da un dominio fisico ad un altro
- nei calcolatori, tipicamente si usano trasduttori elettro-xxx
- esempi:
  - elettro-ottico (cellula fotoelettrica)
  - elettromeccanico (tastiera)
- nell'unità di input è spesso detto "sensore"
- nell'unità di output è spesso detto "attuatore"

Analog-Digital-Converter

- **trasforma un segnale elettrico analogico**
- **... in un segnale elettronico digitale**
- **risoluzione temporale (velocità)**
- **risoluzione di valori (n. di bit)**

Errori di campionamento e di quantizzazione

Problema

Un sistema di elaborazione deve acquisire una temperatura compresa tra 35° e 43°C con la precisione di 0.1°C.

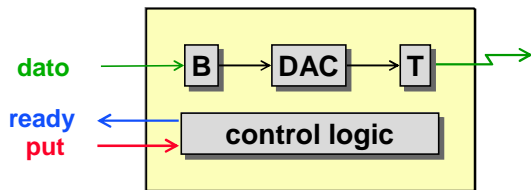
Qual è il numero minimo di bit di cui deve disporre l'ADC?

Soluzione

- **intervallo:** **[35.0 ... 43.0]**
- **valori distinti:** **81**
- **n. minimo di bit:** **7**
- ***qual è la risoluzione ottenuta?***

Buffer

- elemento di memoria locale
- conserva i dati nell'attesa che vengano prelevati
- permette di continuare ad acquisire nuovi dati (equalizzazione delle velocità)

Unità di output: schema funzionale

Unità operativa

Svolge tutte le elaborazioni richieste (aritmetiche, logiche, grafiche, ...).

E' composta di:

- ALU
- flag
- registri

ALU (Arithmetic-Logic Unit)

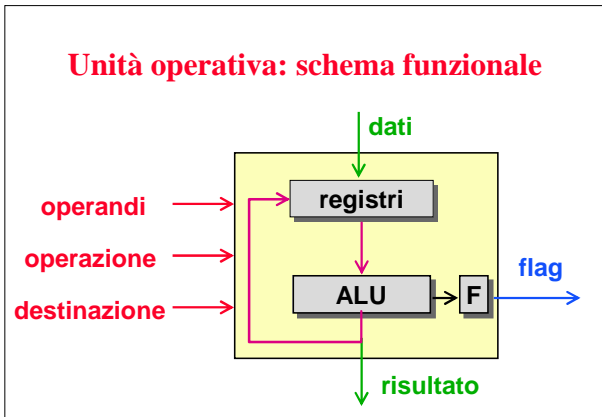
- **svolge tutti i calcoli (aritmetici e logici)**
- **solitamente composta da circuiti combinatori**

Flag

- **indicatori di stato del risultato dell'operazione della ALU**
- **sono singoli bit (0=falso, 1=vero)**
- **solitamente raggruppati in un registro**
- **flag più comuni:**
  Z (zero) V (overflow)
  CY (carry) N (negative)

Registri

- **elementi di memoria usati per conservare *temporaneamente* dei dati (es. risultati parziali).**
- **pochi (8...128)**
- **dimensione di una *word* (8...64 bit)**

Unità operativa: schema funzionale

CPU e FPU

Central Processing Unit (CPU):

- **CPU = UO + UC**
- **microprocessore (μP) = CPU + “frattaglie”**

Floating Point Unit (FPU):

- **UO dedicata ai numeri reali**
- **alias “coprocessore matematico”**

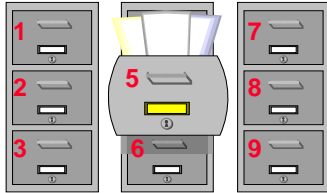
Memoria

Memorizza i dati e le istruzioni necessarie all’elaboratore per operare.

Caratteristiche:

- **indirizzamento**
- **parallelismo**
- **accesso (sequenziale o casuale)**

Indirizzamento

Ad ogni cella di memoria è associato un *indirizzo* (numerico) per identificarla univocamente.

Parallelismo

Ogni cella di memoria contiene una quantità fissa di bit:

- identica per tutte le celle (di una certa unità di memoria)
- accessibile con un'unica istruzione
- è un multiplo del byte
- minimo un byte

Memoria interna

- all'interno dell'elaboratore
- è allo stato solido (*chip*)
- solitamente è volatile
- veloce (nanosecondi, 10^{-9}s)
- quantità limitata (qualche GB)
- non rimovibile
- costosa (0.1 € / MB)

Memoria esterna

- all’esterno dell’elaboratore
- talvolta rimovibile
- non elettronica (es. magnetica)
- permanente
- lenta (millisecondi, 10^{-3} s)
- grande quantità (qualche TB)
- economica (0.1 € / GB)

Memoria ad accesso casuale

- il tempo di accesso è costante (indipendente dalla cella scelta)

  T_a = costante

- anche detta RAM (Random Access Memory)

Memoria ad accesso sequenziale

- il tempo di accesso dipende dalla cella a cui si accede
- spesso la dipendenza è lineare

  $T_a = K \cdot \mathit{indirizzo}$

Memoria RAM (Random Access Memory)

- **circuiti integrati**
- **memoria *statica (SRAM)***
- **memoria *dinamica (DRAM)*** **(richiede un *rinfresco* periodico)**
- **ormai sinonimo di memoria interna volatile casuale a lettura e scrittura**

Memoria ROM (Read-Only Memory)

E' un concetto (memorie a sola lettura) … ma anche una classe di dispositivi allo stato solido (memorie a prevalente lettura = molto più veloce o facile della scrittura).

ROM

- **dati scritti in fabbrica**

PROM (Programmable ROM)

- **dati scritti dall'utente tramite un apparecchio speciale (programmatore)**

EPROM (Erasable PROM)

- **PROM cancellabile tramite UV**

EAROM (Electrically Alterable ROM)

- **PROM cancellabile tramite circuito elettronico speciale**

EEPROM, E^2PROM (Electrically Erasable PROM)

- **scrivibile/cancellabile normalmente**

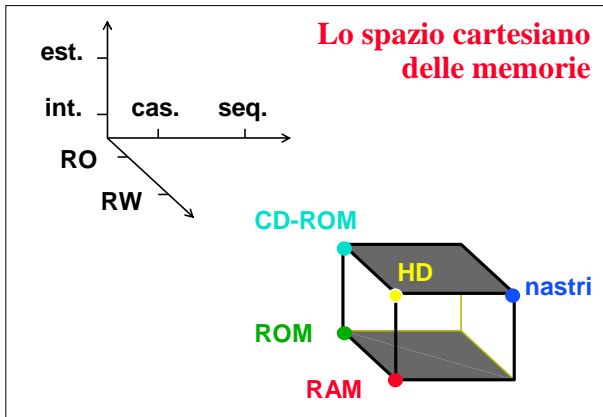
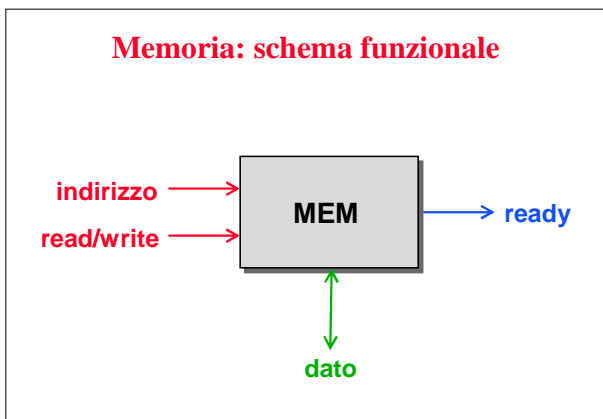
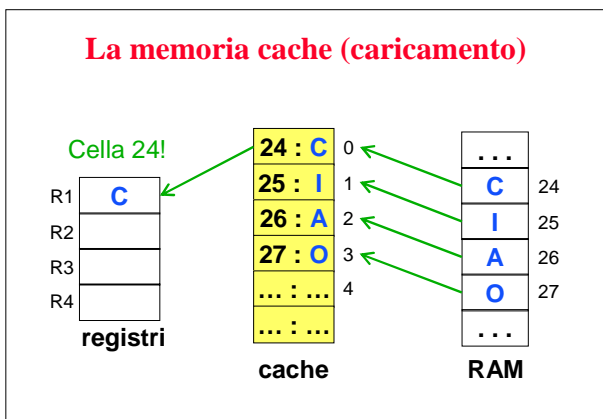
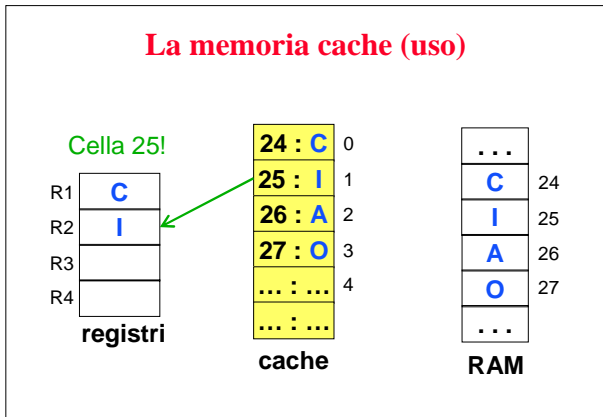
Flash memory

- **EEPROM veloce nella cancellazione (un blocco/tutta invece di un byte alla volta)**

Lo spazio cartesiano delle memorie
est.
int.
cas.
seq.
RO
RW
CD-ROM
HD
nastri
ROM
RAM

Memoria: schema funzionale
indirizzo
read/write
MEM
ready
dato

La memoria cache (caricamento)
Cella 24!
R1
C
R2
R3
R4
registri
24 : C
25 : I
26 : A
27 : O
... : ...
... : ...
0
1
2
3
4
cache
. . .
C
I
A
O
. . .
24
25
26
27
RAM

La memoria cache (uso)

Caratteristiche della cache

- **copia in un colpo solo un intero *blocco di memoria* dalla RAM**
- **ha un tempo di accesso più vicino a quello dei registri che a quello della RAM**
- **è indirizzabile in base al contenuto (CAM, Content Addressable Memory):**
  - **ad esempio: "voglio la cella 25!"**
  - **altrimenti non potrebbe funzionare perché il programma non sa in quale cella della cache si trovi il dato desiderato**

Prestazioni della cache

Tempo medio di accesso in memoria:

$$T_M = H \cdot T_{cache} + (1 - H) \cdot T_{RAM}$$

ove H = *hit ratio* (percentuale di celle trovate nella cache rispetto al totale degli accessi in memoria)

$H \geq 90\% \rightarrow T_M \cong T_{cache}$

Prestazioni della cache – esempio

Ipotesi:

- T_{cache} = 20 ns
- T_{RAM} = 80 ns

Caso 1:

- H = 60%
- $T_M = 0.6 \cdot 20 + 0.4 \cdot 80 = 44$ ns

Caso 2:

- H = 95%
- $T_M = 0.95 \cdot 20 + 0.05 \cdot 80 = 23$ ns

Livelli di cache

- nelle CPU ad alta velocità, la differenza di velocità tra RAM e registri è molto elevata e quindi si spezza la cache in vari livelli: L1, L2, talvolta anche L3
- tipicamente almeno L1 cache è on-chip, ossia integrata sul medesimo chip della CPU
- cache dedicata ai dati (d-cache)
- cache dedicata alle istruzioni (i-cache)

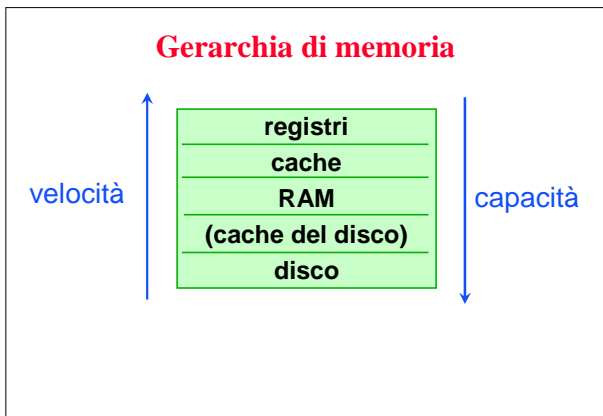
La cache dei dischi

Essendo i dischi abissalmente lenti rispetto alla memoria centrale, è possibile usare quest'ultima come cache per gli ultimi dati letti:

- disk cache
- read-ahead

Sempre più spesso la disk cache è integrata all'interno del controller del disco.

Gerarchia di memoria

velocità ↑	capacità ↓
registri	
cache	
RAM	
(cache del disco)	
disco	

Unità di controllo

E' il cuore dell'elaboratore:

- in base al programma fornitole ...
- ed allo stato di tutte le unità ...
- decide l'operazione da eseguire ...
- ed emette gli ordini relativi

I programmi

Un *programma* è una specifica univoca di una serie di operazioni che l'elaboratore deve svolgere:

- costituito da una sequenza di *istruzioni*
- specificato in *codice macchina*
- conservato in *memoria*

Le istruzioni

Ogni istruzione specifica un'operazione elementare che l'elaboratore deve svolgere:

- ***funzione*** **(es. ADD, MOV)**
- ***operandi*** **(es. R1, M[126])**
- ***destinazione*** **del risultato (stessa sintassi degli operandi)**

Il codice macchina

E' un particolare codice binario usato per specificare le istruzioni all'elaboratore:

- **diverso per ogni elaboratore (perché ogni elaboratore ha un'organizzazione di MEM e UO diversa)**
- **formato fisso (= semplicità)**
- **formato variabile (= efficienza)**

Un esempio di codice macchina

Istruzioni codificate su 16 bit:

- **operazioni su 4 bit → 16 operazioni**
- **operandi su 4 bit → 16 registri**
- **indirizzi su 8 bit → max 256 celle**

Un esempio di codice macchina

Operazioni tra registri:

4	4	4	4
operazione	*dest*	*op1*	*op2*
Add	Rz	Rx	Ry
Mov	Rz	Rx	-
Not	Rz	-	-

Un esempio di codice macchina

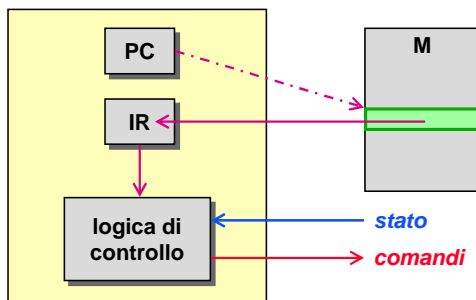
Operazioni su memoria, periferici o dati immediati:

Codici delle operazioni

Nop	0000	Load	1000
Add	0001	Store	1001
Sub	0010	Inp	1010
And	0011	Out	1011
Or	0100	Jmp	1100
Not	0101	Jp	1101
Mov	0110	Jz	1110
Mvi	0111	Stop	1111

Un esempio di codice macchina

dati in memoria	*interpretazione*
1010 0000 00000101	R0 ← perif(5)
1010 0001 00000101	R1 ← perif(5)
0001 0010 0000 0001	R2 ← R0 + R1
1011 0010 00000110	perif(6) ← R2

Unità di controllo: schema funzionale

Componenti dell'UC

- PC (Program Counter)
registro che indica sempre l'indirizzo della cella di memoria che contiene la *prossima* istruzione da eseguire
- IR (Instruction Register)
registro che memorizza *temporaneamente* l'operazione corrente da eseguire
- logica di controllo
interpreta il codice macchina in IR per decidere ed emette gli ordini che le varie unità devono eseguire

Esecuzione di un'istruzione

Tre fasi distinte:

- ***fetch*** **IR ← M [PC]**
  PC ← PC + 1
- ***decode*** **ordini ← decode(IR)**
- ***execute*** **ready? go!**

Inizializzazione

Cosa succede all'accensione di un calcolatore?

- **nel PC viene forzato l'indirizzo della cella di memoria ove inizia il primo programma da eseguire (programma di *bootstrap*)**
- **questo programma iniziale risiede in ROM**

Istruzioni di salto

Non tutti i programmi sono una sequenza lineare di istruzioni.

Ad esempio (radice quadrata di N):

- **se N ≥ 0, allora**

$$R = \sqrt{N}$$

- **altrimenti**

$$R = i \cdot \sqrt{-N}$$

Istruzioni di salto

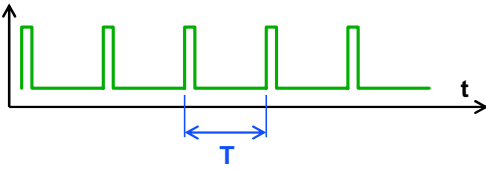
- **salti incondizionati (Jump)**

  JMP 1204 ; PC ← 1204

- **salti condizionati (Jump-if)**

  SUB R1,R0,17 ; R1 ← R0 – 17
  JP 1204 ; se > 0, PC ← 1204

Istruzioni di salto: esempio

Ipotesi: R1 contiene i ricavi, R2 le spese

```
        SUB R0,R1,R2    ; R0 ← R1 - R2
        JP 1492         ; salto se R1>R2
        ... (chiedo il rimborso)
        JMP 1500
(1492)  ... (calcolo le tasse da pagare)
        ...
(1500)  STOP
```

Il clock

Ogni elaboratore contiene un elemento di temporizzazione (detto *clock*) che genera un riferimento temporale comune per tutti gli elementi costituenti il sistema di elaborazione.

Il clock

- **T = *periodo* di clock**
  - **unità di misura = s**
- **f = *frequenza* di clock (= 1 / T)**
  - **unità di misura = s^{-1} = Hz (cicli/s)**

Tempistica delle istruzioni

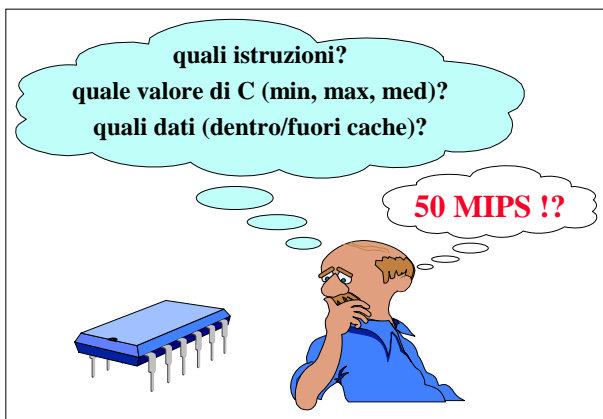
- **un *ciclo-macchina* è l'intervallo di tempo in cui viene svolta una operazione elementare ed è un multiplo del periodo del clock**
- **l'esecuzione di un'istruzione richiede un numero intero di cicli macchina, variabile a seconda del tipo di istruzione**

Velocità di elaborazione

Valutazione molto difficile perché dipende pesantemente da:

- **programma eseguito**
- **dati**
- **architettura dell'elaboratore (istruzioni macchina, cache, ...)**

MIPS
(Million Instructions Per Second)

f = frequenza di clock [Hz = cicli/s]
T = periodo di clock = 1 / f [s]
C = cicli macchina / istruzione
IPS = f / C = 1 / (T × C)
MIPS = IPS / 10^6

MIPS

Definizione alternativa:

Meaningless
Information
Provided by
Salesman

Probabilmente è molto più realistica di quella ufficiale !

MFLOPS (Million FLoating-point Operations Per Second)

- **velocità di elaborazione per problemi di tipo scientifico**
- **dubbi analoghi a quelli per i MIPS**

Benchmark

Drysthone

- **numeri interi**

Linpack

- **algebra lineare (interi)**

SPECmark

- **media geometrica di più prove**
- **SPECint2000 – interi**
  12 prove (11 C, 1 C++)
- **SPECfp2000 – floating point**
  14 prove (4 C, 6 Fortran77, 4 Fortran90)

SPECint2000

gzip	C	compressione
vpr	C	FPGA placement and routing
gcc	C	compilatore C
mcf	C	ottimizzazione combinatoria
crafty	C	gioco degli scacchi
parser	C	elaborazione testi
eon	C++	grafica (visualizzazione)
perlbmk	C	linguaggio PERL
gap	C	interprete (teoria dei gruppi)
vortex	C	database object-oriented
bzip2	C	compressione
twolf	C	emulatore di placement e routing

SPECfp2000

wupwise	F77	fisica (cromodinamica quantistica)
swim	F77	modello acque poco profonde

mgrid	F77	multi-grid solver: 3D potential field
applu	F77	equazioni alle derivate parziali
mesa	C	libreria grafica 3-D
galgel	F90	fluidodinamica computazionale
art	C	reti neurali (riconoscimento immagine)
equake	C	simulazione propagazione onde sismiche
facerec	F90	elaborazione immagini (riconoscimento di un volto)
ammp	C	chimica computazionale
lucas	F90	test di primalità
fma3d	F90	simulatore di crash (tramite il metodo degli elementi finiti)
sixtrack	F77	progetto di un'acceleratore nucleare per alte energie
apsi	F77	meteorologia (diffusione inquinanti)

Valutazione di un sistema di elaborazione

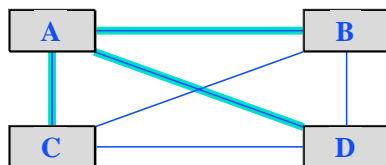
Altri criteri in dipendenza dal tipo di applicazione:

- **velocità di I/O**
- **numero di utenti**
- **numero di transazioni (TPS)**

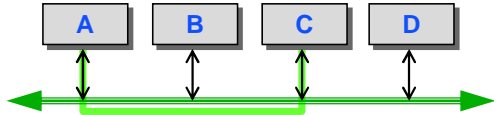
Struttura a bus

***Problema*: collegamento completo tra N unità richiede N×(N-1)/2 collegamenti**

***Esempi*: 4U:6C, 10U:45C, 20U:190C**

A B C D

Struttura a bus

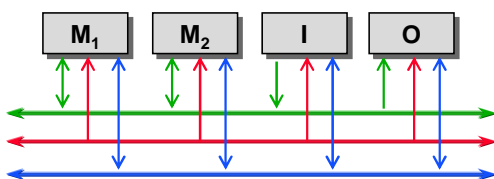
Soluzione:
segnali omologhi raggruppati in un *bus*, usato a turno dalle varie unità

A B C D

Caratteristiche di un bus

- trasporto di un solo dato per volta
- frequenza = n. di dati trasportati al secondo
- ampiezza = n. di bit di cui è costituito un singolo dato
- se mal dimensionato, potrebbe essere un collo di bottiglia

Tipi fondamentali di bus

- bus dati (DBus)
- bus degli indirizzi (ABus)
- bus di controllo (CBus)

M_1 M_2 I O

CPU Intel per PC

CPU	DBus	ABus	Cache	FPU
8088	8 bit	20 bit	No	No
8086	16 bit	20 bit	No	No
80286	16 bit	24 bit	No	No
80386	32 bit	32 bit	No	No
80486	32 bit	32 bit	8 KB	Sì
Pentium	64 bit	32 bit	8+8KB	Sì
P-PRO	64 bit	32 bit	8+8/256	Sì

Massima memoria interna (fisicamente presente)

- **la dimensione dell'Abus determina il max numero di celle di memoria interna**
- **la dimensione del Dbus "suggerisce" la dimensione di una cella di memoria (ma sono possibili anche celle di maggior dimensione che richiedono due o più trasferimenti sul Dbus)**
- **max mem = $2^{|Abus|}$ x |Dbus| bit**
- **esempio (Abus da 20 bit, Dbus da 16 bit):**
  max mem = 2^{20} x 2 byte = 2 MB
  ossia 1 M celle di memoria, ognuna da 2 byte

Massima memoria esterna

- **la memoria esterna non dipende dall'Abus perché viene vista come un periferico (di input e/o di output)**
- **la massima quantità di memoria esterna dipende dal bus di I/O (quello su cui sono collegati i periferici)**

Storia delle CPU Intel per PC

CPU	anno	Dhry. MIPS	transistor
8086	giu-78	0.3 - 0.7	29,000
80286	feb-82	1 - 3	134,000
80386	ott-85	5 - 10	275,000
80486	ago-89	20 - 50	1,200,000
Pentium	mar-93	100 - 150	3,100,000
P-PRO	ott-95	250+	5,500,000

CPU Pentium

- **Pentium-II = PentiumPRO + MMX**
- **MMX =**
  - **16+16K di L1-cache**
  - **57 nuove istruzioni multimediali**
  - **istruzioni SIMD**
- **Pentium-III = Pentium-II + 70 nuove istruzioni per grafica 3D e streaming audio/video**
- **Pentium 4 = nuova architettura**

CPU Intel: modelli particolari

- **80386 SX (DBus=16 bit, ABus=24 bit)**
- **80486 SX (priva di FPU)**
- **80386/486 SL (SX + Low-power)**
- **80486 DX2 / DX4 (clock esterno pari a metà / un quarto di quello interno)**
- **P-II Celeron (senza L2 cache)**
- **P-III Celeron (128 KB L2 cache)**

Bus standard di I/O

Bus per Personal Computer:
- ISA (Industry Standard Architecture)
- EISA (Extended ISA)
- MCA (MicroChannel Architecture)

Bus per workstation/industria:
- VME
- Futurebus

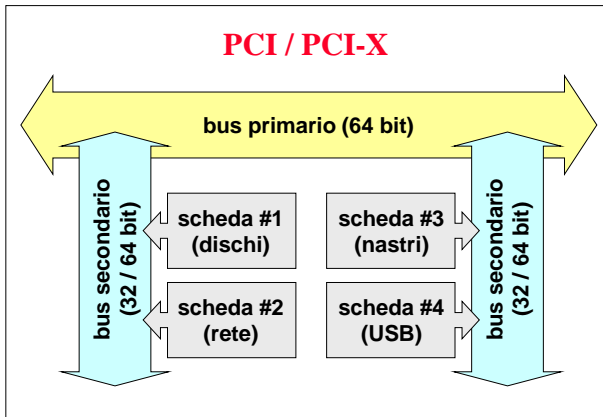
Unificazione:
- PCI (Peripheral Connect Interface)

PCI

- gerarchia di bus a due livelli
- livello base = 32 bit / 66 MHz, oppure 64 bit / 33 MHz
- livello avanzato = 64 bit / 66 MHz
- max troughput tra CPU e periferici = 532 MB/s

PCI-X

- PCI eXtended (o PCI eXpress)
- gerarchia di bus a due livelli
- livello base= 64 bit / 66 MHz
- livello avanzato = 64 bit / 133 MHz
- max troughput tra CPU e periferici = 1.06 GB/s
- compatibile con schede PCI normali

PCI / PCI-X

Bus standard - confronto

bus	DBus [bit]	ABus [bit]	velocità [MB/s]
ISA	8, 16	20, 24	5.3
EISA	8, 16, 32	20, 24, 32	33
MCA	8,16, 32	20, 32	20
PCI	**32, 64**	**32**	**133 / 532**
PCI-X	**64**	**32**	**532 / 1060**

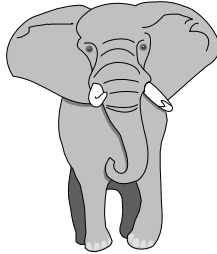
Supercalcolatori

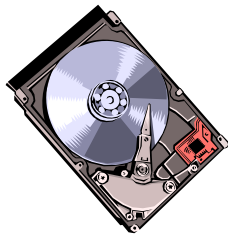
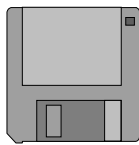
Sistemi multiprocessori:

- **hanno un elevato numero di CPU**
- **SIMD (Single Instruction, Multiple Data); es. Connection Machine (max 65536 UO)**
- **MIMD (Multiple Instruction, Multiple Data); es. NCUBE (max 2048 CPU)**

Sistemi vettoriali:

- **hanno UO in grado di svolgere operazioni tra vettori; es. CRAY**

Dispositivi di memoria di massa

Categorie di dispositivi

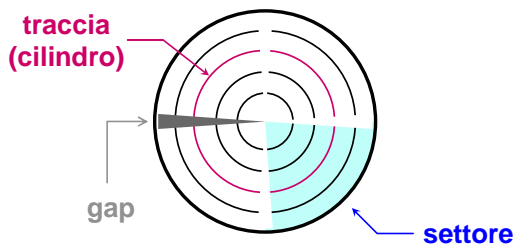
dischi

nastri

Valutazione della prestazioni

- **capacità:**
  - massima quantità di dati memorizzabile
- **tempo di accesso (seek time):**
  - tempo per il posizionamento dell'elemento di lettura/scrittura su un blocco di dati
- **velocità di trasferimento (throughput):**
  - massima quantità di dati trasferibile nell'unità di tempo

I dischi

- accesso casuale
- tempo di accesso: O (10 ms)
- magnetici, ottici, magneto-ottici
- dischi fissi o rimovibili

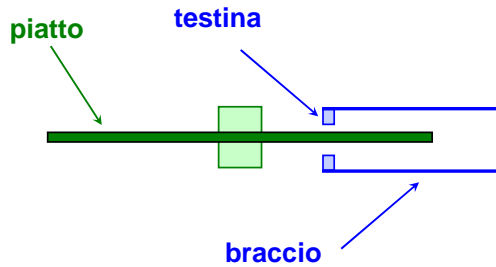
Organizzazione dei dischi

Dischi magnetici - tecnologia

- supporto rigido ricoperto di materiale ferromagnetico
- testina di lettura/registrazione (elettrocalamita)
- la testina poggia sul disco (se rimovibile) oppure lo sfiora a circa 1μm

Dischi magnetici - tecnologia

piatto

testina

braccio

Floppy disk

Dischi flessibili (FD, dischetti):

- capacità < 5 MB
- rimovibili, racchiusi in un involucro protettivo

Hard disk

Dischi rigidi (HD, “Winchester”):

- capacità: 10 GB ... 2 TB
- tempo di accesso: O(10 ms)
- velocità di trasferimento: O(10 MB/s)
- fissi, racchiusi in un contenitore in cui è fatto il vuoto
- velocità di rotazione:
  - 10-15,000 RPM (dischi veloci, per server)
  - 5-10,000 RPM (per PC e WS)
  - 3-5,000 RPM (per computer portatili)

Dischi RAID

Invece di costruire dischi che non si guastano (che costerebbero cari) si usano dischi di qualità inferiore con meccanismi di correzione degli errori misti HW/SW:

R Redundant
A Array of
I Independent (Inexpensive)
D Disks

Livelli RAID

RAID-0	**disk striping** **velocità ma nessuna protezione**
RAID-1	**disk mirroring** **protezione al costo del 50%**
RAID-3	**disk byte-striping** **un disco dedicato a ECC**
RAID-4	**disk block-striping** **un disco dedicato a ECC**
RAID-5	**disk block-striping** **ECC distribuito su tutti i dischi**

SSD (Solid State Disk)

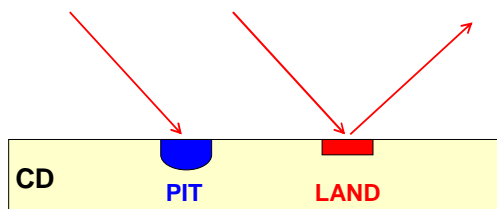
- **disco composto da chip di memoria**
  - **SLC (Single-Level Cell)**
    1 bit/cella, veloce ma bassa densità
  - **MLC (Multi-Level Cell)**
    2 bit/cella, lento ma alta densità
- **lettura veloce, scrittura lenta**
- **tempo seek costante e molto basso O(0.1 ms)**
- **velocità di trasferimento: O(100 MB/s)**

SSD: vantaggi e svantaggi

- peso simile a HDD (contenitore)
- risparmio energetico limitato (chip sempre alimentati)
- silenziosi
- bassa temperatura (no parti in movimento)
- costo elevato
- max 10,000-100,000 scritture
- grossa variabilità sulla durata della memorizzazione

CD (Compact Disc)

- dischi ottici, a sola/prevalente lettura
- singola faccia, rimovibili
- capacità: 650-700 MB dati (74-80’ audio)
- lenti: tempo di accesso 300 ms
- uso: distribuzione di software o dati
- tipologie:
  - CD-ROM (dati registrati in produzione)
  - CD-R (dati registrabili da utente)
  - CD-RW (dati registrabili e cancellabili da utente, ma con perdita di capacità)

Tecnologia dei CD ottici

Velocità dei drive per CD-ROM

Velocità di trasferimento:

- **base = 150 KB/s**
- **oggi 2x, 3x, 4x, 8x, 16x, ..., 52x**

Quando sono indicate tre velocità esse sono nell'ordine:

- **write-once / rewrite / read**
- **es. 12x / 10x / 32x (= 1.8 / 1.5 / 4.8 MB/s)**

Tempo di accesso:

- **O (100 ms)**

DVD (Digital Versatile Disc)

- **anche Digital Video Disc perché molto usati per i filmati (in formato MPEG-2)**
- **dischi con diametro 8 o 12 cm**
- **single side (SS) o double side (DS)**
- **single layer (SL) o double layer (DL)**
- **2 GB = 1 ora di video ad alta qualità, con 3 colonne sonore differenti (durata ancora maggiore se video con qualità VHS)**
- **velocità 1x = 1.32 MB/s**

Formati DVD (8 cm)

- **DVD-1 (8cm, SS/SL) = 1.36 GB**
- **DVD-2 (8cm, SS/DL) = 2.48 GB**
- **DVD-3 (8cm, DS/SL) = 2.72 GB**
- **DVD-4 (8cm, DS/DL) = 4.95 GB**
- **DVD-R (8cm, SS/SL) = 1.15 GB**
- **DVD-R (8cm, DS/SL) = 2.29 GB**

Formati DVD (12 cm)

- DVD-5 (12cm, SS/SL) = 4.7 GB
- DVD-9 (12cm, SS/DL) = 8.5 GB
- DVD-10 (12cm, DS/SL) = 9.4 GB
- DVD-18 (12cm, DS/DL) = 17.0 GB
- DVD-R (12cm, SS/SL) = 4.7 GB
- DVD-R (12cm, DS/SL) = 8.5 GB
- DVD-RAM (12cm, SS/SL) = 2.40 GB
- DVD-RAM (12cm, DS/SL) = 4.80 GB

Tipi di DVD

DVD-video
DVD-ROM
argento
read-only

DVD-R
rosa
recordable
(write-once)

DVD-RAM
involucro
doppia
faccia
(read-write)

Formati in competizione

DVD Forum (www.dvdforum.org)

- formati DVD-

DVD+RW Alliance (www.dvdrw.com)

- Dell, HP, Verbatim, Philips, Ricoh, Sony, Thomson, Yamaha
- formati: DVD+
- maggiore compatibilità coi lettori esistenti

Blue-ray DVD (BD)

- nuovo formato DVD (incompatibile col precedente)
- usa laser blu-violetto (λ=405 nm) invece che rosso (λ=650 nm)
- 25 / 50 GB (single / double layer)
- richiesto per memorizzare un film in HD
- http://www.bluraydisc.com

I nastri

- striscia plastica avvolta su bobina
- accesso sequenziale
- tempo di accesso: O(60 s)
- tecnologia magnetica o ottica

Nastri magnetici

- densità di registrazione (lineare) 1600-6250 BPI (Bit-Per-Inch)
- 9 tracce parallele
- capacità: secondo la lunghezza
- uso: backup
- velocità: variabile (fino a 1 GB/h)

Cassette magnetiche

QIC (Quarter-Of-Inch)
- molto compatibili (UNIX)
- lente, capacità media (60...500 MB)

4mm DAT (Digital Audio Tape)
- 400 KB/s, 2 GB/cassetta

8mm Exabyte
- 500 KB/s, 5 GB/cassetta

DDS (Digital Data Storage)

- evoluzione del DAT
- cassette da 4 mm con tracce elicoidali
- DDS-1 (1989) = 2 GB, 0.4 MB/s, 90 m
- DDS-2 (1993) = 4 GB, 0.5 MB/s, 120 m
- DDS-3 (1996) = 12 GB, 1 MB/s, 125 m
- DDS-4 (1999) = 20 GB, 3 MB/s, 125 m
- DAT 72 (2003) = 36 GB, 3.2 MB/s, 170 m
- DAT 160 (2007) = 80 GB, 6.9 MB/s, 150 m
- capacità raddoppia con compressione

DLT (Digital Linear Tape)

- evoluzione del DAT (Digital Audio Tape)
- cassette da 1/2 inch
- tracce lineari parallele (128 … 208)
- capacità raddoppia con compressione
- DLT-7000 (1996) = 35 GB, 5 MB/s
- DLT-8000 (1999) = 40 GB, 6 MB/s
- super DLT usa traccia ottica per sincro
- SDLT-600 (2004) = 300 GB, 36 MB/s
- DLT-S4 (2006) = 800 GB, 60 MB/s

LTO (Linear Tape Open)

- formato “open” (contro DLT e AIT)
- cassette modello “Ultrium” (1/2 inch)
- capacità hw di compressione, cifratura e WORM
- LTO-1 (2000) = 100 GB, 20 MB/s
- LTO-2 (2003) = 200 GB, 20 MB/s
- LTO-3 (2005) = 400 GB, 20 MB/s
- LTO-4 (2007) = 800 GB, 20 MB/s

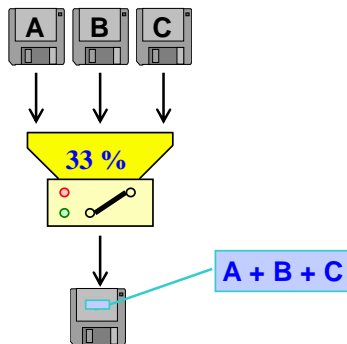
Memorie SD

- Secure Digital (www.sdcard.org)
- alta capacità (4 GB, in crescita)
- no parti mobili (basso consumo energia)
- dimensioni ridotte (24x32 mm, o miniSD 20x21.5 mm)
- veloce (100 Mbps 4-bit mode, 25 Mbps 1-bit SPI mode)
- dispositivo attivo (protezione del copyright - Secure Digital Music Initiative, SDMI)

La compressione dei dati

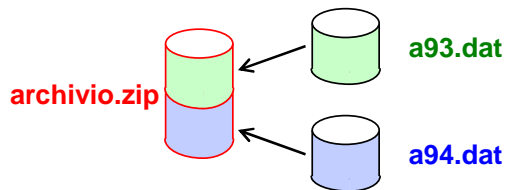
A B C

33 %

A + B + C

Compressione dei dati

- si cercano tra i dati le sequenze di bit più frequenti ...
- ... le si sostituisce con sequenze più corte ...
- ... e si memorizza assieme ai dati anche la tabella di conversione
- riduzione tra il 50% (binari) ed il 90% (testo alfanumerico)

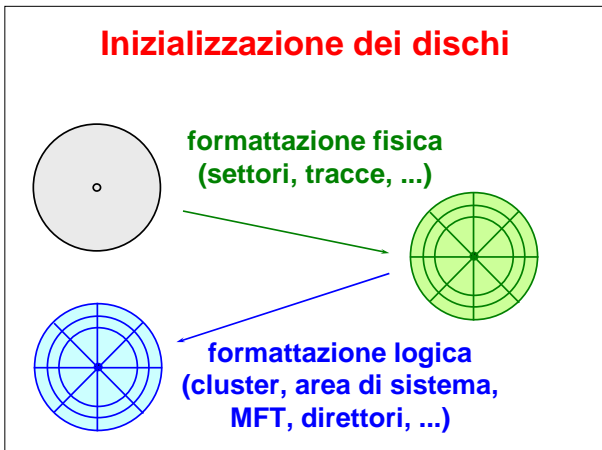
Archiviazione dei dati

Talvolta è pratico raccogliere un insieme di file all'interno di un altro file (archivio)

Programmi di compressione e/o archiviazione

	tipo	DOS/Win	UNIX
zip	C+A	X	X
rar	C+A	X	X
arj	C+A	X	–
compress	C	–	X
tar	A	–	X
gzip	C	X	X

Inizializzazione dei dischi

formattazione fisica (settori, tracce, ...)

formattazione logica (cluster, area di sistema, MFT, direttori, ...)

Il file system

- organizzazione logica dei dati sulla memoria di massa
- tipi di file (formato fisso, variabile, binario/stream, con indice, ...)
- organizzazione a direttori, folder, cartelle
- nomi e protezioni dei file
- dipende dal sistema operativo!
- FAT-16, FAT-32, NTFS, UFS, EXT3, …

Allocazione file su disco

- file registrati in cluster
- 1 cluster = 2^N settori
- dimensione su disco >= quantità dati
- se dim. file >= dim. cluster, allora si occupano altri cluster

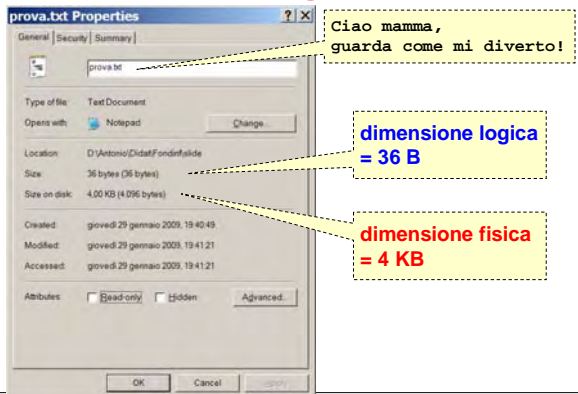
settori	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
cluster	C1		C2		C3		C4		C5	
file	a.txt (1)		b.txt		*free*		a.txt (2)		*free*	
dati	0101		0011				11..			

Settori e cluster (NTFS)

50.334.416 settori da 512 B ciascuno
(dim disco ~ 25 GB)

```
> fsutil fsinfo ntfsinfo C:
NTFS Volume Serial Number : 0x76bdf8890fb5e386
Version :                   3.1
Number Sectors :            0x0000000003000ad0
Total Clusters :            0x000000000060015a
Free Clusters  :            0x00000000000c073f
Total Reserved :            0x0000000000000000
Bytes Per Sector  :         512
Bytes Per Cluster :         4096
. . .
```

8 settori per cluster = 4 kB
(occupazione minima su disco)

Dimensione logica e fisica

```
Ciao mamma,
guarda come mi diverto!
```

dimensione logica = 36 B

dimensione fisica = 4 KB

Frammentazione

- frammentazione se cluster non contigui
- alta frammentazione comporta alti tempi di lettura/scrittura
- programmi di deframmentazione
- percentuale di frammentazione:
  F = (n.frammenti – 1) / n.cluster
- es. file con 3 cluster in 2 frammenti
  F = (2 – 1) / 3 = 33%
  ossia in media un accesso su tre richiede seek

Esercizio

Un HD contiene un file da 1 GB, memorizzato su cluster contigui, senza frammentazione. Sapendo che il disco ha tempo di accesso di 20 ms e velocità di trasferimento di 32 MB/s, si determini il tempo necessario a leggere l'intero file.

Soluzione:

- **T = 20 ms + 1 GB / 32 MB/s**
  = 20 ms + 32 s
  = 32.02 s

Esercizio

Un HD contiene un file da 1 GB, completamente frammentato. Sapendo che il disco ha cluster da 512 byte, tempo di accesso di 20 ms e velocità di trasferimento di 32 MB/s, si determini il tempo necessario a leggere l'intero file.

Soluzione:

- **T = 20 ms x 2^{20} KB / 0.5 KB**
  + 1 GB / 32 MB/s
  = 10485.76 s + 32 s
  = 10517.76 s ~ 2.9 ore

Frammentazione e file-system

- **la frammentazione è un problema soprattutto nei file-system pensati per S.O. mono-utente mono-task:**
  - **es. molto grave in FAT-16 e FAT-32**
  - **es. grave in NTFS**
- **frammentazione non importante per file-system di S.O. multi-utente multi-task (perché usano algoritmi di ordinamento delle richieste):**
  - **es. irrilevante in UFS, EXT-2, EXT-3**

Frammentazione in MS-Windows

- per vedere lo stato di frammentazione di un disco:
  - My Computer
  - > click destro su disco > Properties
  - > tab Tools > pulsante Defragment Now ...
  - selezionare disco e poi premere Analyze
- un pop-up informa se è necessario deframmentare
- il pulsante View Report mostra il dettaglio (che può essere stampato o salvato come .TXT)

Stato di frammentazione

Report di frammentazione

```
Volume system (C:)
    Volume size                     = 24,00 GB
    Cluster size                    = 4 KB
    Used space                      = 21,76 GB
    Free space                      = 2,24 GB
    Percent free space              = 9 %

Volume fragmentation
    Total fragmentation             = 25 %
    File fragmentation              = 44 %
    Free space fragmentation        = 6 %

File fragmentation
    Total files                     = 108.114
    Average file size               = 248 KB
    Total fragmented files          = 8.437
    Total excess fragments          = 68.046
    Average fragments per file      = 1,62
```

```
Pagefile fragmentation
    Pagefile size                        = 1,50 GB
    Total fragments                      = 2

Folder fragmentation
    Total folders                        = 10.306
    Fragmented folders                   = 203
    Excess folder fragments              = 865

Master File Table (MFT) fragmentation
    Total MFT size                       = 136 MB
    MFT record count                     = 118.698
    Percent MFT in use                   = 85 %
    Total MFT fragments                  = 5

-------------------------------------------------------
Fragments    File Size    Most fragmented files
1.460        15 MB        \WINDOWS\system32\MRT.exe
949          60 MB        \WINDOWS\Installer\5a4fb7e.msp
722          21 MB        \Skype\Phone\Skype.exe
. . .        . . .        . . .
```

Dischi logici e dischi fisici (I)

- un singolo disco fisico può essere visto dal file system come più dischi logici (o partizioni)
- operazione di partizionamento
- esempio: se su un PC è presente un unico disco fisico, è buona prassi suddividerlo in due dischi logici
  - uno per il S.O. ed I programmi applicativi
  - uno per i dati degli utenti

Windows XP – dischi logici e fisici

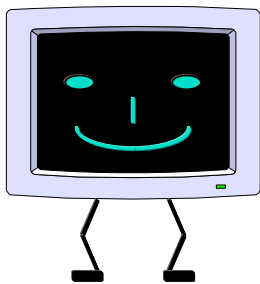
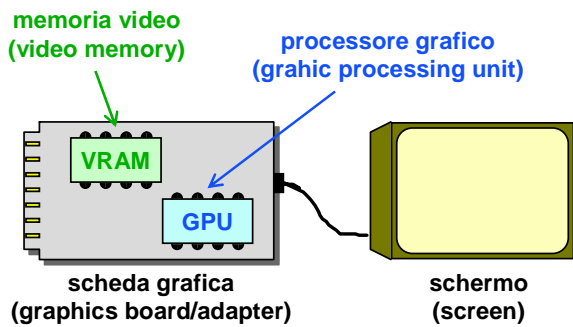
Impostazioni > Pannello di controllo > Amministrazione > Gestione del computer

Dischi logici e dischi fisici (II)

- **più dischi fisici possono essere visti come un unico disco logico**
- **operazione svolta:**
  - **in hardware (es. controllore di tipo JBOD, Just a Buch Of Disks, simile ma non identico ad un controllore RAID-0)**
  - **in software, tipicamente dal S.O. (es. Linux, Windows)**

Dispositivi di I/O

- **I/O = Input / Output**
- **I/U = Ingresso / Uscita**
- **dispositivi standard = basso costo (video, stampante, tastiera, ...)**
- **dispositivi non standard = alto costo (sensori di temperatura, ...)**

Dispositivi di visualizzazione

Schema funzionale di una VDU (Video Display Unit)

Parametri di confronto

- capacità grafiche
- risoluzione
- colori
- dimensione

Capacità grafiche

VDU alfanumerica:

- solo caratteri
- grafica rudimentale tramite *caratteri grafici*

VDU grafica:

- *pixel* (minimo elemento grafico controllabile individualmente); anche detto *punto* (*dot*)

Risoluzione della VDU

VDU alfanumerica:

- righe × colonne
- tipicamente 25 × 80

VDU grafica:

- $pixel_H \times pixel_V$
- da 640×480 a 3200×2400
- *dot pitch* = distanza tra due pixel (minore è il pitch, migliore la visione)

VDU a colori

VDU monocromatica:

- **fondo nero, pixel colorato**
- ***reverse* video**

VDU a colori:

- **colori RGB (Red, Green, Blue)**
- **N colori simultaneamente**
- **P colori nella tavolozza (*palette*)**
- **P ≥ N**

La memoria video

Serve a memorizzare l'immagine (perché deve essere continuamente riscritta sullo schermo = *refresh*):

- **caratteri e loro attributi**
- **pixel e loro colore**

La memoria video

***Domanda*: quanta memoria video occorre per visualizzare un'immagine 640×480 a 256 colori?**

***Soluzione*:**

640 × 480 = 307,200 pixel
307,200 : 1024 = 300 Kpixel
$\lceil \log_2 256 \rceil$ = 8 bit/pixel = 1 byte/pixel

***Risposta*:**

300 Kbyte

Collegamento scheda grafica – CPU

Discrete / dedicated graphics
- **scheda grafica con GPU e VRAM**

Integrated / shared graphics
- **GPU integrata sulla scheda madre**
- **VRAM = uso di parte della RAM di sistema**

Hybrid graphics
- **una piccola memoria VRAM**
- **accesso alla RAM di sistema**
- **ATI HyperMemory, NVIDIA TurboCache**

Dimensioni dello schermo

E' la misura della diagonale:
- **10 ÷17" (computer portatili)**
- **17÷21" (computer da scrivania)**
- **21÷32" (computer professionali)**

Per estendere la dimensione dello schermo è anche possibile usare simultaneamente più schermi (es. collegati via USB) se il S.O. supporta questa funzionalità.

Tecnologia degli schermi

- **a fosfori**
  (CRT, Cathode Ray Tube)
- **a cristalli liquidi**
  (LCD, Liquid Crystal Display)
- **a matrice attiva**
  (TFT, Thin Film Transistor)

Schermi a fosfori

- tecnologia uguale ai vecchi TV
- \+ grandi dimensioni
- \+ ottima risoluzione
- \+ ottima resa colorimetrica
- – elevato consumo elettrico
- – pesanti ed ingombranti
- – emettono radiazioni

Schermi TFT

- a matrice attiva
- Thin Film Transistor
- \+ leggeri e sottili
- \+ ottima risoluzione
- \+ buona resa colorimetrica
- – consumo elettrico medio
- – dimensioni limitate
- – costo elevato

VDU per PC (primi modelli)

adattatore	*risoluzione*	*colori*
CGA	320 x 200	4
	640 x 200	2
EGA	320 x 200	16
	640 x 200	16
	640 x 350	64
VGA	320 x 200	256
	640 x 480	16

VDU per PC

adattatore	*risoluzione*	*pixel*
SVGA	800 x 600	
XGA	1024 x 768	0.8 M
SXGA	1280 x 1024	1.3 M
UXGA	1600 x 1200	1.9 M
QXGA	2048 x 1536	3.1 M
QSXGA	2560 x 2048	7.6 M
QUXGA	3200 x 2400	7.7 M
QUXGA-W	3840 x 2400	9.2 M

Connettori scheda grafica - monitor

- connettore D-SUB (anche detto VGA)
- 15 pin, solo segnale analogico

- connettore DVI-D (Digital Video Interface)
- 24 pin, solo segnale digitale

- connettore DVI-I
- 29 pin = 24 pin segnale digitale (DVI-D) + 5 pin segnale analogico
- analogico / digitale mutuamente esclusivo

Acceleratori grafici

- schede grafiche con un processore (GPU) che realizza in HW operazioni grafiche complesse
- acceleratori 2D/3D
- occorre che il SW sia a conoscenza di questo HW speciale!

Dispositivi di stampa

Categorie di dispositivi

- **stampanti (a caratteri, grafiche)**
- **plotter**
- **fotoriproduttori (foto, dia)**
- **macchine per fotocomposizione**

Parametri di valutazione

- **velocità di stampa**
- **capacità grafiche**
- **risoluzione**
- **formato della carta**
- **caratteri di stampa (font, punti, formati)**
- **colori**

Velocità di stampa

Unità di misura:

- **per stampanti "a caratteri"**
  - **CPS (Characters Per Second)**
- **per stampanti "di linea"**
  - **LPS (Lines Per Second)**
  - **LPM (Lines Per Minute)**
- **per stampanti grafiche (o "di pagina")**
  - **PPM (Pages Per Minute)**

Risoluzione di stampa

- **solitamente specificata solo per stampanti con capacità grafiche.**
- **si misura in DPI (Dots Per Inch)**
- **si ricordi 1 inch = 2.54 cm**

- **per stampanti solo alfanumeriche si può misurare in CPI (Characters Per Inch)**

Formato della carta

- **foglio singolo, modulo continuo, buste, rullo**
- **tutto il mondo (tranne USA) usa il formato ISO 216:**
  - **altezza = base × sqrt(2)**
  - **A0, A1, A2, A3, A4 (210 × 297 mm), …**
  - **ogni foglio è il doppio del precedente (es. A3 = 2 A4)**
- **USA: letter (8.5 × 11" = 216 × 279 mm), legal (8.5 × 14" = 216 × 356 mm), ledger/tabloid, ...**

Spaziatura dei caratteri

- spaziatura fissa

```
buon lavoro a
tutti quanti!
```

- spaziatura proporzionale

  buon lavoro a
  tutti quanti!

Le famiglie di caratteri (*font*)

Helvetica

Times (New Roman)

Lucida Handwriting

`Courier`

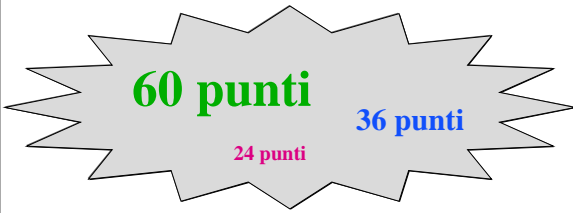
Lo stile dei caratteri

Testo normale

Testo in grassetto (bold)

Testo in italico

Testo in italico-grassetto

Dimensione dei caratteri

Font fissi: solo alcune dimensioni
Font scalabili: qualunque dimensione
Punto tipografico = 1/72 di inch

Colori

Stampa bianco e nero:

- **bianco e nero puro**
- **toni di grigio**

Stampa a colori:

- **tricromia (CMY = Cyan, Magenta, Yellow)**
- **quadricromia (CMYK = CMY + nero!)**

Colori: RGB o CMY(K)?

- **notazioni teoricamente equivalenti**
- **RGB = metodo additivo, per video**
  - **nero = assenza di luce (schermo spento)**
  - **colori (Red, Green, Blue) = emissione di luce**
- **CMY(K) = metodo sottrativo, per stampa**
  - **bianco = sfondo di stampa (foglio vuoto) che riflette tutta la luce**
  - **colori (Cyan, Magenta, Yellow) = inchiostro che riflette solo alcune frequenze**
  - **K (=black) per più qualità e meno consumo**

Tecnologia delle stampanti

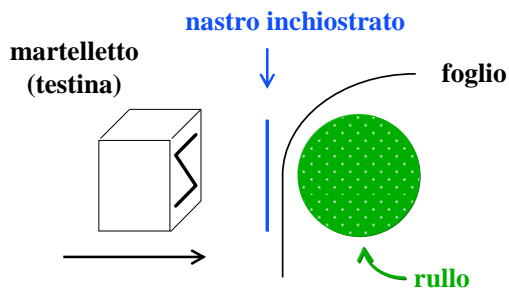
- stampanti a impatto
- stampanti termiche
- stampanti a getto d'inchiostro
- stampanti laser
- stampanti a sublimazione

Stampanti a impatto

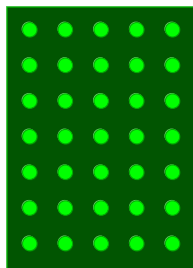
nastro inchiostrato

martelletto
(testina)

foglio

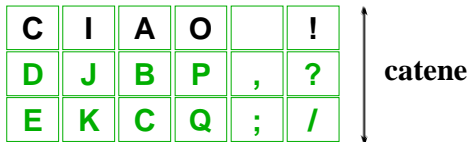
rullo

Stampanti ad aghi

- 80 ... 160 CPS
- capacità grafiche (limitate)
- costo ~ 50 Euro

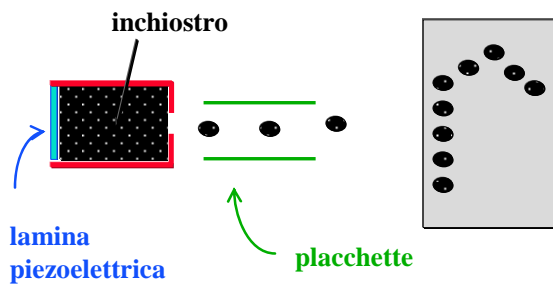
testina = matrice di aghi

Stampanti a catena (line printer)

- stampano una riga per volta
- velocita: 1200 LPM (draft), 900 LPM (standard), 500 LPM (lettera)
- costo ~ 1000 Euro

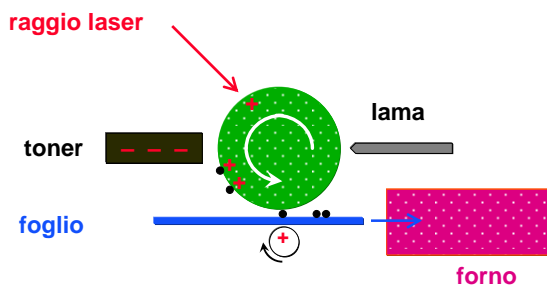
C	I	A	O		!
D	J	B	P	,	?
E	K	C	Q	;	/

catene

Stampanti termiche

- medesimo principio delle stampanti ad aghi
- aghi riscaldati elettricamente per impressionare una carta termosensibile
- non richiedono inchiostro
- per piccole stampanti (es. registratori di cassa)

Stampanti a getto d'inchiostro

Stampanti a getto d'inchiostro

- **B/N e colori**
- **80 ... 160 CPS**
- **capacità grafiche (300…600 DPI)**
- **costo ~ 100 Euro**
- \+ **ottimo rapporto qualità - prezzo**

Stampanti laser

Stampanti laser

- **B/N**
- **a colori (un passo / quattro passi):**
  - **più costose (soprattutto se a un passo)**
  - **resa cromatica inferiore a quelle a getto d'inchiostro**
- **10 PPM**
- **capacità grafiche (600…2400 DPI)**
- **costo ~ 500 Euro**
- \+ **ottima qualità e buona velocità**

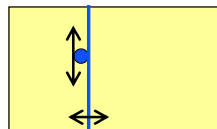
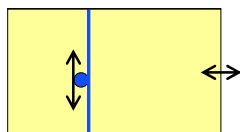
Stampanti a sublimazione

- deposito di cere fuse
- a colori
- \+ altissima resa cromatica
- – costo esorbitante (5000 Euro)

Plotter

- emulazione del disegno manuale tramite una testina mobile dotata di penne o a getto di inchiostro
- molto usato per disegni di grande formato (es. ingegneria civile)
- per disegni di piccolo formato (A4/A3) soppiantato dalle stampanti laser o a getto

Plotter - funzionamento

- foglio fisso, testina mobile X-Y

- foglio mobile (X), testina mobile (Y)

Il linguaggio Postscript

- trademark Adobe Inc.
- descrive il contenuto di una pagina di output

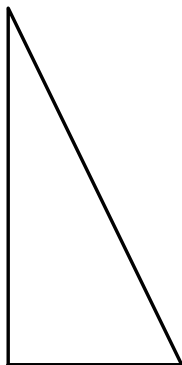
\+ standard de-facto per le stampanti di qualità

\+ molto potente: testo e grafica

– lento: è un vero e proprio linguaggio

– complesso: richiede CPU e memoria RAM

Un esempio in linguaggio Postscript

```
100 100 moveto
100 300 lineto
200 100 lineto
closepath
stroke
/Courier findfont
18 scalefont
setfont
200 200 moveto
(Triangolo!) show
```

L'interprete Postscript

- una stampante Postscript deve contenere una CPU, memoria ed istruzioni per eseguire il programma Postscript ricevuto
- esistono traduttori da Postscript ai formati di altre stampanti (es. ghostscript)

Il linguaggio PCL

- Printer Control Language
- trademark Hewlett-Packard
- vari livelli (PCL1 ... PCL7)
- più semplice del Postscript ma meno generale
- standard per le stampanti più semplici ed economiche

PDF

- trademark Adobe
- Portable Document Format
- evoluzione di Postscript (ad esempio, inserimento di link verso il web)
- visualizzabile e stampabile col prodotto (gratuito) Acrobat Reader

Dispositivi di input

Categorie di dispositivi

Input a caratteri:

- **tastiera**

Puntatore (*point-and-click*):

- **mouse, video sensibile, tavoletta grafica**

Scansione di immagine:

- **scanner**
- **lettori ottici e magnetici**

La tastiera (*keyboard*)

- **caratteri alfanumerici**
- **tasti funzione e caratteri di controllo**
- **numero e disposizione dei tasti (*layout*) variabili**
- **modelli *ruggerized* per ambienti industriali o "ostili" (es. deserto, paludi)**

Il mouse

- dispositivo di puntamento (rileva movimento *relativo* e per analogia fa muovere il *cursore* video)
- due o tre tasti (per puntamento e selezione)
- modelli meccanici
(più robusti, meno precisi)
- modelli ottici
(più precisi, meno robusti)

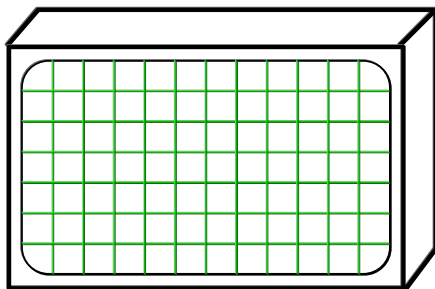
Il video sensibile (*touchscreen*)

- aree sensibili (coordinate cartesiane)
- effetto capacitivo (più sensibile)
- effetto fotoelettrico (errori di parallasse)

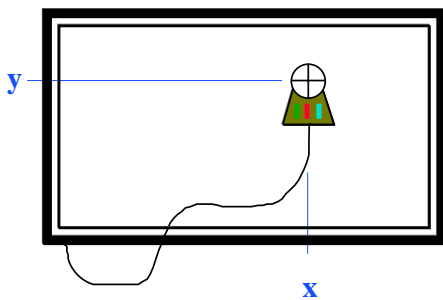
\+ ottimo per uso non specialistico in aree pubbliche

– bassa risoluzione

– errori di parallasse / sporcizia

Video sensibile - funzionamento

La tavoletta grafica

- misura di coordinate assolute
- riferimento cartesiano
- rilevamento di punti singoli o tratti continui
- \+ retroilluminabile (radiografie)
- – errori umani di posizionamento

Tavoletta grafica - funzionamento

Lo scanner

- dispositivo di acquisizione immagini (*pixmap*)
- risoluzione (DPI)
- formato (A3, A4)
- bianco/nero, toni di grigio, colori
- \+ grande precisione
- – necessita di appositi programmi per riconoscimento di testo (OCR, Optical Character Recognition)

Scanner - funzionamento

Scanner - memoria richiesta

Quanta memoria occupa un'immagine 5"×3" acquisita tramite uno scanner a 300 DPI, 256 toni di grigio?

300 DPI × 5" = 1500 D
300 DPI × 3" = 900 D
1500 × 900 = 1,350,000 pixel
256 toni → 8 bit/pixel = 1 byte/pixel
1,350,000 byte ≅ 1.3 MB

La penna ottica

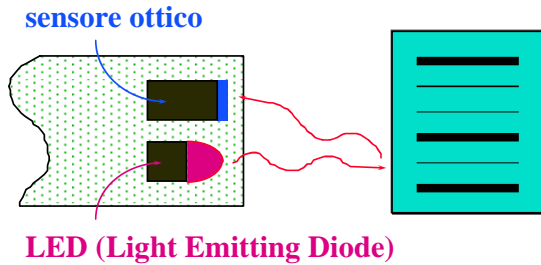
- **variazioni della luce riflessa**
- **lettura di codici a barre (EAN)**

\+ **leggera, facile uso**

– **superfici pulite, stampe nitide**

Penna ottica - funzionamento

sensore ottico

LED (Light Emitting Diode)

Carte elettroniche

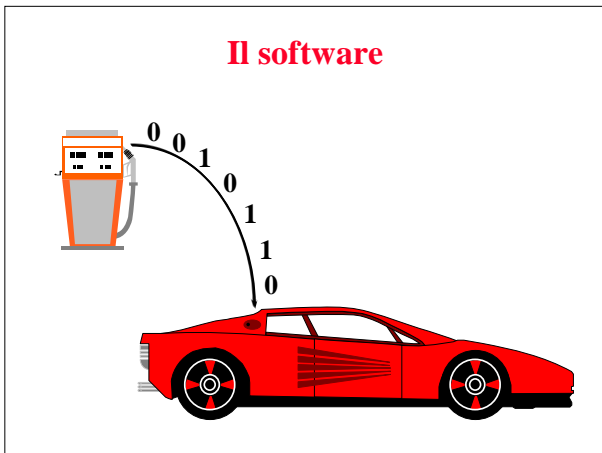
Carte passive:

- **magnetiche**
- **a memoria elettronica**

Carte attive (***smart card*** **):**

- **carte a chip (= microprocessore + memoria)**

Identificazione radio

- **radio tag RFID (Radio Frequency Identifier)**
- **esempi:**
  - **gestione spesa supermercato**
  - **inventario automatico di un magazzino**
- **servizi *location-based* (tel. cellulare):**
  - **tracciamento persone**
  - **offerte speciali per chi si trova in una certa area**

Il software

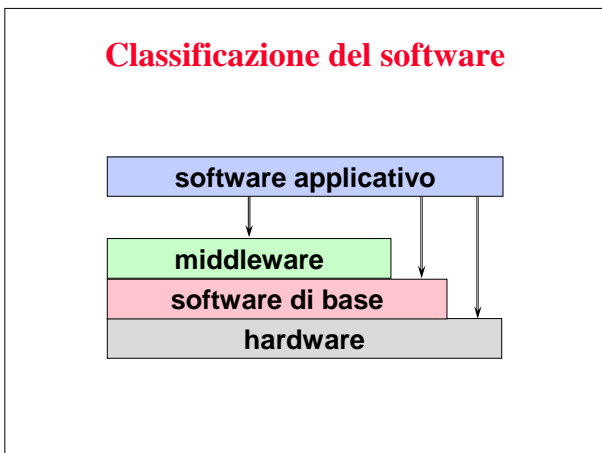
Definizioni

Software

l'insieme di dati e programmi che permettono ad un elaboratore di svolgere le sue funzioni

Firmware

un software essenziale per il funzionamento di uno strumento ed indissolubilmente legato ad esso; solitamente memorizzato in ROM

Classificazione del software

Linguaggi di programmazione

Servono a tradurre gli algoritmi in istruzioni per l'elaboratore.

Ne esistono varie categorie:

- **linguaggi macchina**
- **linguaggi assembler**
- **linguaggi ad alto livello**

Linguaggio macchina

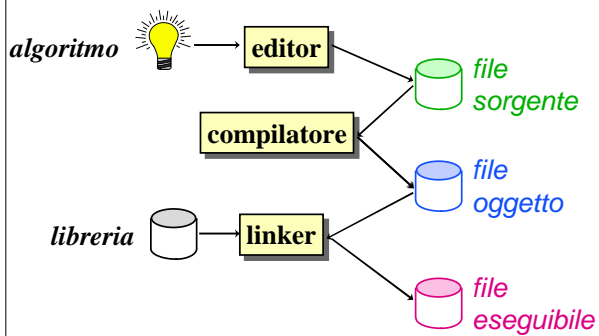
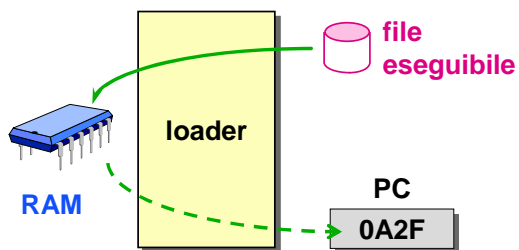
- **codifica binaria delle istruzioni**
- **molto efficiente**
- **dipende dalla CPU (registri, operazioni, ...)**
- **dipende dall'architettura del calcolatore (quantità di memoria, modalità di I/O, ...)**

Linguaggio assembler

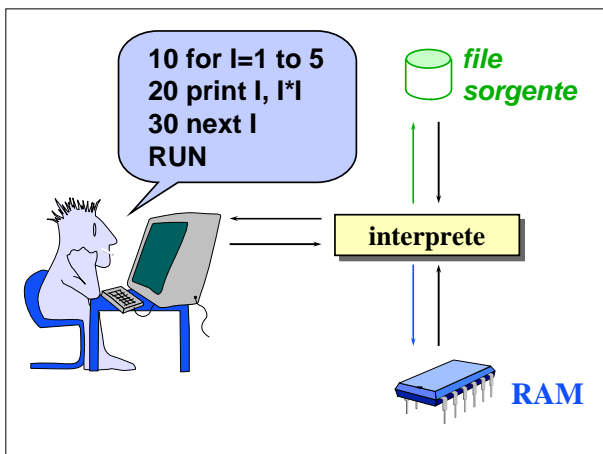
- **codifica simbolica delle istruzioni**
  ADD R1, R2, M[R4] ; R1= R2+ M [R4]
- **meta-istruzioni**
  TOT: DB 0 ; crea ed azzera TOT
- **linguaggio unico per architettura di CPU (es. Dec AXP, Intel 80x86)**

Linguaggi ad alto livello (HLL - High Level Language)

- **elaboratore virtuale**
- **istruzioni orientate alla soluzione di problemi**
  A = SINH (5.57*C)
- **linguaggio indipendente dalla piattaforma HW (→ traduttori!)**

Traduzione dei linguaggi

Esecuzione di un programma

Debugger

Sostituisce il loader per l'esecuzione controllata di un programma (per cercarne i *bug*):

- single-step
- breakpoint
- tracepoint
- visualizza/cambia il valore delle variabili

Alcuni interpreti

- interprete di un linguaggio di programmazione (Basic, Java, …)
- interprete dei comandi di un sistema operativo (command.com in MS-DOS, cmd.exe in Win32, le *shell* UNIX, ...)
- i fogli elettronici (Lotus 1-2-3, Excel, QuattroPro, ...)

Interprete o compilatore?

Interprete:

- **controlla e traduce le istruzioni ad ogni esecuzione del programma**
- \+ **correzione degli errori e debug veloce**
- – **caricamento ed esecuzione lenta**
- – **codice sorgente leggibile**

Interprete o compilatore?

Compilatore (+ linker + loader):

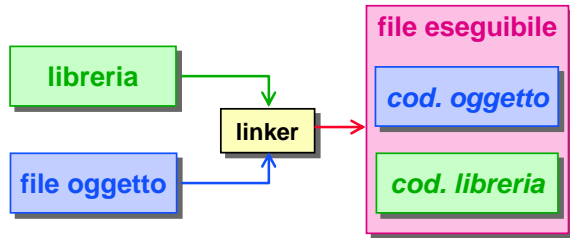
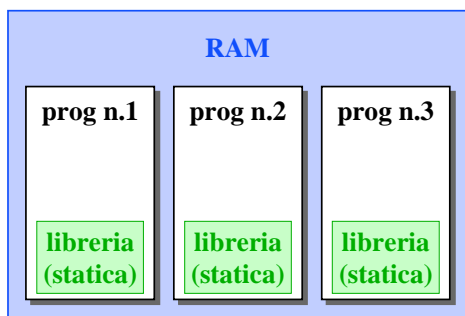
- **controlla e traduce le istruzioni una sola volta**
- \+ **caricamento ed esecuzione veloce**
- \+ **codice sorgente non leggibile**
- – **correzione degli errori e debug lenti**

Sistemi integrati di programmazione

- **IDE (Integrated Development Environment)**
- **uniscono editor, compilatore, linker e debugger**
- **hanno rimpiazzato gli interpreti**
- **Borland:**
  TurboC, C++Builder, Delphi, ...
- **Microsoft:**
  VisualC, VisualBasic, ...

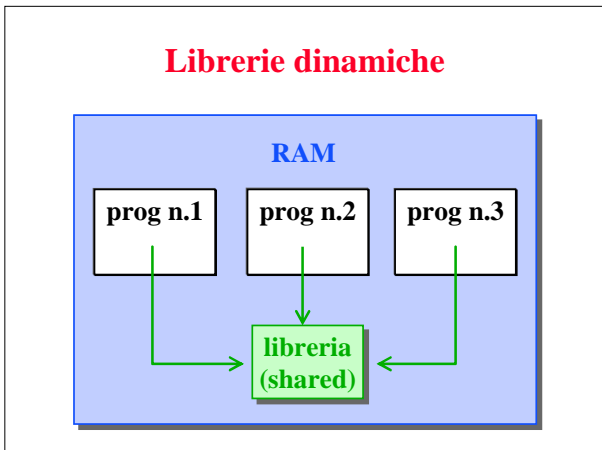
Librerie statiche

Il codice delle funzioni di libreria necessarie viene inserito nel file eseguibile:

libreria
file oggetto
linker
file eseguibile
cod. oggetto
cod. libreria

Librerie statiche

Librerie dinamiche (o condivise)

- **anche note come DLL (Dynamic Link Library) oppure *shared library***
- **il codice delle funzioni di libreria necessarie NON viene inserito nel file eseguibile ma viene solo messo un riferimento**

Librerie dinamiche

Librerie statiche o dinamiche?

Vantaggio delle librerie dinamiche:

- **ridotta dimensione dell'eseguibile (=spazio su disco, velocità di caricamento, occupazione di RAM)**

Vantaggio delle librerie statiche:

- **autoconsistenza (=portabilità)**

Portabilità del software

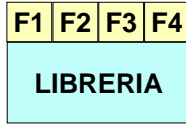
Per *portabilità* si intende la capacità di un modulo software di essere eseguito su piattaforme (hw/sw) diverse da quella su cui è stato sviluppato.

In generale la portabilità del software è molto scarsa ed è stata *parzialmente* raggiunta solo in alcuni ambiti (es. PC Intel 80x86 con MS-Windows).

API
(Application Programming Interface)

Interfaccia standard di una libreria:

- **chiamate di funzioni**
- **formato dei parametri**

F1	F2	F3	F4
LIBRERIA			

Se c'è compatibilità di API, allora per portare un programma basta trasportare il codice sorgente e ricompilarlo nel nuovo ambiente operativo.

ABI
(Application Binary Interface)

Specifica per garantire la portabilità a livello binario (file eseguibile):

- **formato del file eseguibile**
- **organizzazione dell'I/O**
- **chiamata alle funzioni di sistema**
- **(stesso linguaggio macchina)**

Se c'è compatibilità a livello ABI, allora un file eseguibile può essere trasportato e direttamente eseguito nel nuovo ambiente operativo.

Il linguaggio FORTRAN

- **FORmula TRANslation (1956)**
- **calcoli tecnico-scientifici**
- **grande disponibilità di librerie (es. NAG, IMSL)**
- **Fortran-II, Fortran-IV**
- **Fortran-77 (prog. strutturata)**
- **Fortran-90 (parallelo/vettoriale)**

Il linguaggio COBOL

- COmmerce and Business Oriented Language (1960)
- elaborazione di archivi, gestione di maschere video e tabulati

Il linguaggio BASIC

- Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code (1962)
- molto semplice (o semplicistico?)
- capacità grafiche
- fornito assieme al S.O. (sui primi PC)
- evoluto (?) a VisualBasic:
  - linguaggio proprietario di Microsoft
  - orientato agli oggetti ed alla grafica
  - RAD (Rapid Application Development)

Il linguaggio PASCAL

- N.Wirth (1972)
- linguaggio strutturato
- completo di tutti i concetti base della programmazione
- molto usato per la didattica

Il linguaggio C

- Bell Labs (anni '70)
- linguaggio strutturato, con eccezioni
- istruzioni per facilitare l'ottimizzazione
- molto efficiente
- usato nella programmazione di sistemi (compilatori, sistemi operativi, ...)

Il linguaggio C++

- Bell Labs (anni '80)
- linguaggio orientato agli oggetti
- è un soprainsieme del C
- efficiente

Il linguaggio Java

- Sun Microsystems (1995)
- linguaggio orientato agli oggetti, simile al C++ ma …
  - modello ad oggetti più semplice
  - meno costrutti di basso livello (C-like)
- bytecode = programma compilato per un computer ideale
- JVM (Java Virtual Machine) = interprete che traduce "al volo" il bytecode in codice macchina e lo esegue su un computer reale

Programmazione procedurale

- si definiscono i *dati*
- si definiscono le *procedure* che operano sui dati
- se su un determinato dato deve operare più di una procedura, il dato deve essere esterno e globale ad entrambe le procedure

Programmazione orientata agli oggetti (OOP)

- *incapsulamento*: assieme ai dati si specificano tutte le procedure (*metodi*) che possono operare su di essi
- *messaggi*: per operare su un dato si invia un messaggio per attivare un metodo
- *ereditarietà*: un'oggetto può ereditare tutte le caratteristiche di un altro oggetto e definirne di nuove

OGGETTO = DATI + METODI

Il linguaggio PROLOG

- LOGic PROgramming
- dati un insieme di *fatti* e di *regole*, ricerca tutti i valori che soddisfano un'*espressione*

PROLOG: un esempio (regole)

```
figlio(X,Y) :-
   genitore(Y,X).
fratello(X,Y) :-
   genitore(Z,X) & genitore(Z,Y).
nonno(X,Y) :-
   genitore(X,Z) & genitore(Z,Y).
nipote(X,Y) :-
   genitore(X,Z) & genitore(Z,Y).
```

PROLOG: un esempio (fatti)

```
genitore(andreina,barbara).
genitore(amilcare, barbara).
genitore(barbara,carlo).
genitore(barbara,cecilia).
```

PROLOG: un esempio (ricerca)

```
nipote(X,amilcare)?
   X = carlo
   X = cecilia
```

La programmazione

Sviluppo del software

- **problema**
- **idea (soluzione)**
- **algoritmo (soluzione formale)**
- **programma (traduzione dell'algoritmo in una forma comprensibile da un elaboratore elettronico)**
- **test (su molti casi, con particolare attenzione ai casi limite)**
- **documentazione (manuale utente + manuale del programmatore)**

Algoritmo

Un algoritmo può essere considerato un insieme di regole per effettuare un dato compito (risolvere un problema).

Un algoritmo deve:

- **terminare in un tempo finito**
- **produrre un effetto osservabile**
- **essere deterministico, ossia produrre gli stessi risultati a partire dalle stesse condizioni iniziali**

Esecuzione di un algoritmo

Vengono eseguite in sequenza le operazioni che lo costituiscono.

Esistono algoritmi che prevedono:

- **una sequenza di esecuzione unica**
- **sequenze di esecuzione multiple**

Esempio: sequenza di esecuzione unica

Dato il valore di X, calcolare: Y = 5 X + 3

Sequenza di esecuzione:

1. ricevo il valore di X

2. moltiplico X per 5 (sia Z il risultato)

3. sommo 3 a Z (sia Y il risultato)

4. visualizzo Y

Esempio: sequenze di esecuzione multiple

Dato il valore di X, calcolare la radice quadrata di X+5.

Sequenza di esecuzione:

1. ricevo il valore di X

2. sommo 5 a X (sia Y il risultato)

3a. se Y è positivo o nullo, calcolo la sua radice quadrata e la visualizzo

3b. se Y è negativo, indico che è impossibile calcolare la sua radice quadrata

Formalizzazione di una soluzione

- **diagrammi di flusso**
- **pseudo-linguaggio**
- **. . .**

Diagrammi di flusso (flow-chart)

- **metodo per descrivere in modo formale un algoritmo**
- **blocchi base per descrivere:**
  - **azioni**
  - **decisioni (solo binarie, ossia della logica Booleana)**
- **archi orientati per descrivere la sequenza di svolgimento delle azioni**

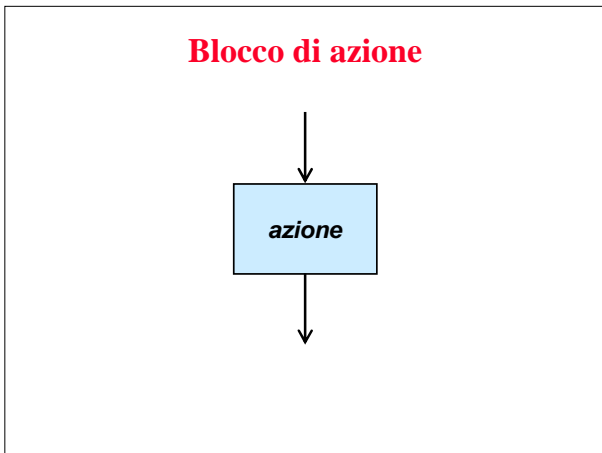
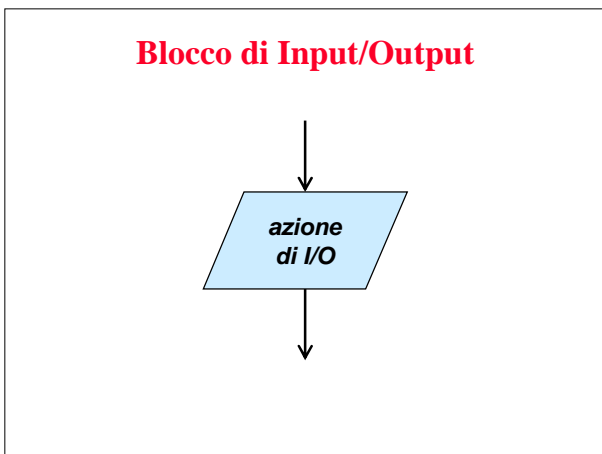
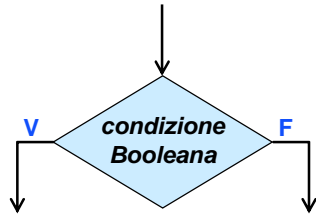
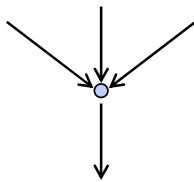
Blocchi di inizio e fine

START

STOP

Blocco di azione
azione

Blocco di Input/Output
azione
di I/O

Blocco di inizializzazione
azione di
inizializzazione

Blocco di decisione binaria

Connettore

Regole

- uno ed un solo blocco START
- uno ed un solo blocco STOP
- tutti gli archi devono avere origine e fine in un blocco

Diagrammi di flusso strutturati

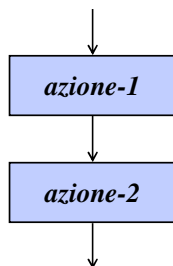
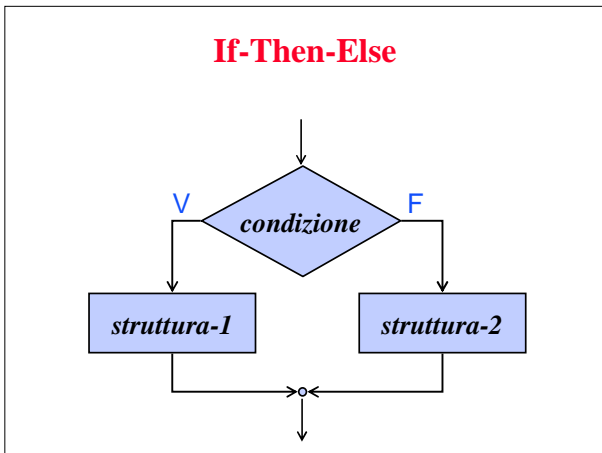
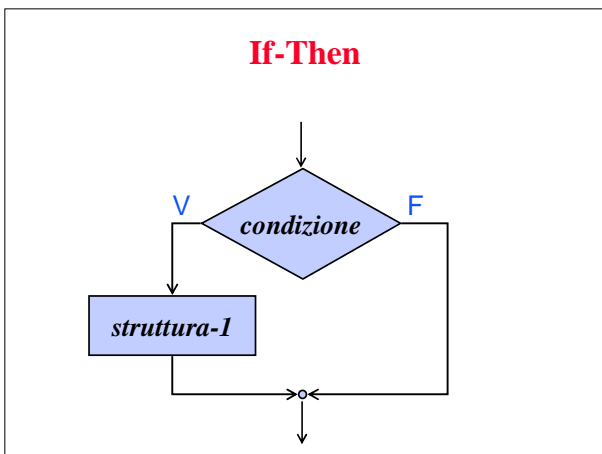
Un diagramma di flusso è detto *strutturato* se contiene solo un insieme predefinito di strutture:

- **sequenze**
- **decisioni**
  - **IF-THEN-ELSE**
  - **IF-THEN**
- **cicli**
  - **WHILE**
  - **REPEAT**

Teorema di Böhm - Jacopini

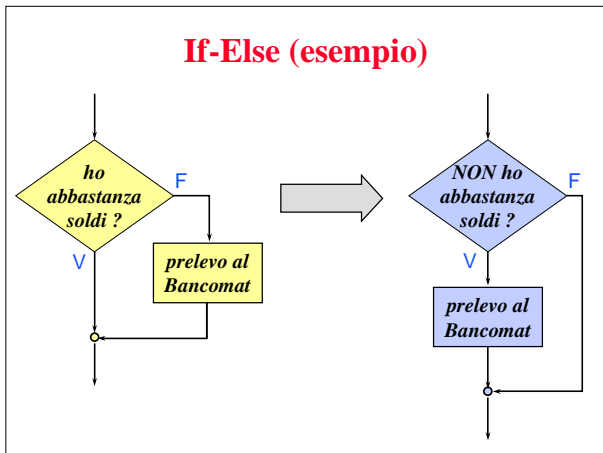
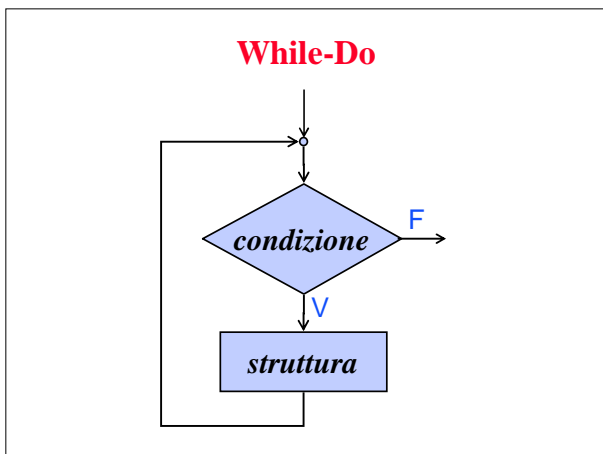
Qualunque diagramma di flusso è sempre trasformabile in un diagramma di flusso strutturato equivalente a quello dato.

Sequenza

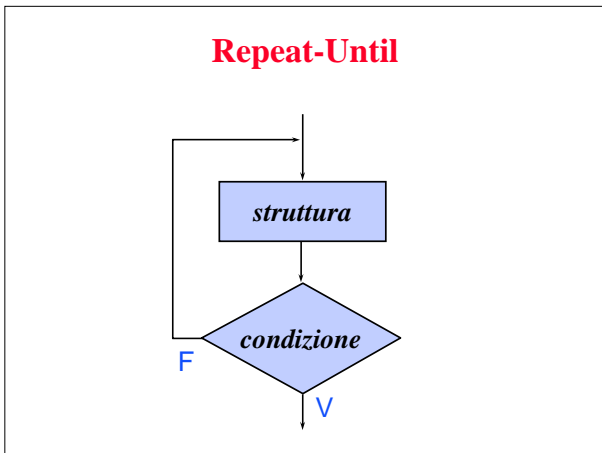
If-Then-Else

If-Then

If-Else

- **non esiste un blocco If-Else …**
- **… perché non è necessario!**
- **basta usare un blocco If-Then in cui la condizione sia stata invertita (negata)**

If-Else (esempio)

While-Do

While-Do

- la parte ciclica viene eseguita quando la condizione è vera
- se abbiamo un ciclo che viene eseguito quando la condizione è falsa, allora occorre trasformarlo in un While-Do mettendo la condizione negata
- un ciclo While-Do può essere eseguito zero o più volte
- viene eseguito zero volte quando la condizione è subito falsa

Repeat-Until

Repeat-Until

- **un ciclo Repeat-Until viene sempre eseguito almeno una volta**

Verifica di strutturazione

P1. etichettare ogni blocco

P2. sostituire ad ogni insieme strutturato un blocco avente come etichetta l'unione delle etichette dei blocchi che lo costituiscono

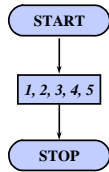
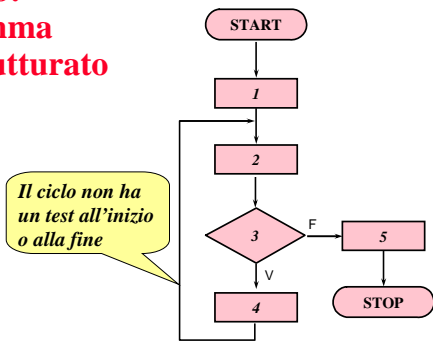
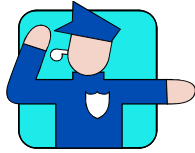
P3. se al passo P2 si è fatta almeno una sostituzione, ripetere il passo P2

P4. se alla fine si ottiene un diagramma lineare (una sequenza), allora il diagramma originale è strutturato

Esempio: diagramma strutturato
START
1
2
F
5
V
3
STOP
4

Esempio: diagramma strutturato
START
1
2
F
5
V
3,4
STOP

Esempio: diagramma strutturato
START
1
2, 3, 4
5
STOP

Esempio: diagramma strutturato
START
1, 2, 3, 4, 5
STOP

Esempio: diagramma non strutturato
START
1
2
3
F
V
5
4
STOP
Il ciclo non ha un test all'inizio o alla fine

Il sistema operativo

Il sistema operativo

Funzionalità svolte:

- **gestione delle risorse del sistema di elaborazione**
- **interfaccia uomo-macchina (HMI = Human-Machine Interface)**

Abbreviazioni:

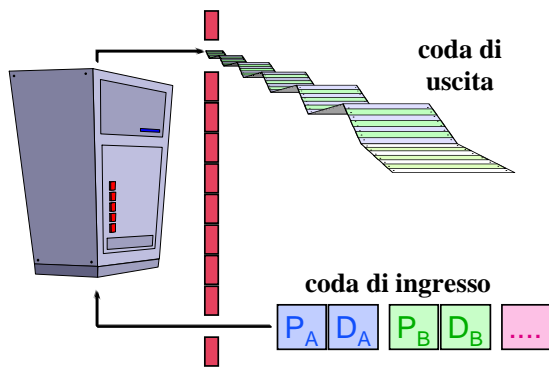
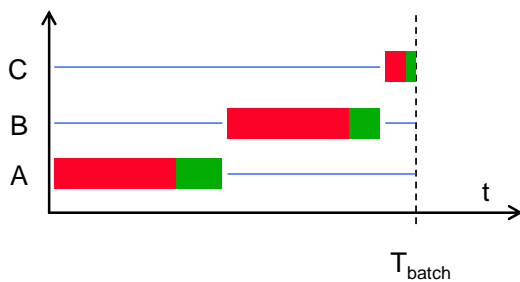
- **S.O.**
- **O.S. (operating system)**

S.O. - caratteristiche

- **gestione della memoria di massa (file system)**
- **gestione della memoria RAM**
- **gestione dei processi**
- **interfaccia utente**
- **n. di utenti simultanei**
- **n. di processi simultanei**

Sistemi *batch*

- molto usati negli anni ‘60
  (input = schede perforate)
  (output = stampanti a caratteri)
- nessuna interazione coll’utente
  (input = programma + dati)
- avvio dell’elaborazione solo quando un lotto (*batch*) è pieno
- elaborazione sequenziale

Batch: schema

Batch: diagramma temporale

Il batch oggi

Attualmente non esistono più sistemi completamente batch.

Sopravvive una *modalità* batch di elaborazione:

- **lavoro (*job*) = programma + dati**
- **elaborazione sequenziale dei lavori (evita di sovraccaricare l'elaboratore)**

Un esempio di lavoro *batch*

Tante persone devono realizzare un collage, avendo a disposizione un solo paio di forbici, un solo tubetto di colla e tanti fogli colorati.

Se lavorano tutti simultaneamente si hanno inevitabilmente caos e litigi!

Se lavorano uno per volta, si ha ordine ed armonia.

Gestione dell'I/O

Una volta si usava *busy wait (polling)* :

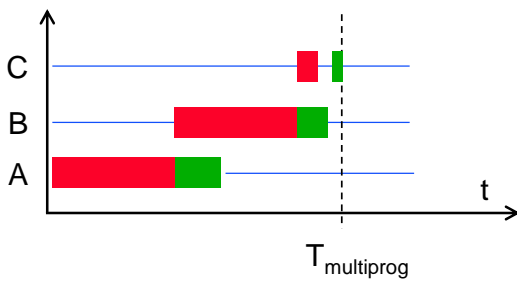
- **si interroga continuamente il periferico per sapere quando ha terminato**

Attualmente si usa *spooling* + *interrupt* :

- ***spooling* = i dati da/per i periferici lenti non vengono letti o scritti direttamente ma transitano automaticamente su disco ed il periferico avvisa la CPU tramite un interrupt quando è pronto per una nuova operazione**

Sistemi in multiprogrammazione

- **sfruttano le pause della CPU dovute alla lentezza delle istruzioni di I/O**
- **elaborazione sequenziale con possibilità per i job più piccoli di essere eseguiti nelle pause di quelli più grandi**

Multiprogrammazione: diagramma temporale

La multiprogrammazione oggi

Attualmente non esistono più sistemi in multiprogrammazione pura.

Col termine *multitask* si indica la capacità di un S.O. di eseguire più programmi simultaneamente.

Se questa capacità manca, si parla di sistema *monotask*.

Sistemi *time-sharing*

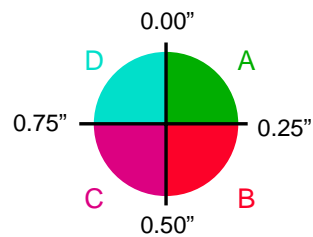
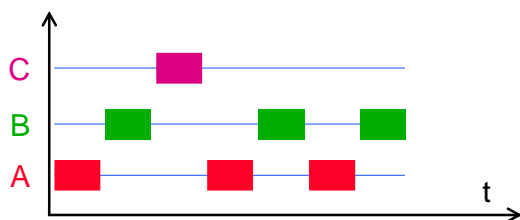
Anni ‘70:

- **nascono le CPU da 1 MIPS**
- **si realizzano i *terminali* (telescriventi, videoterminali)**
- **possibilità di dividere il tempo di CPU tra vari utenti**

Time-sharing: schema

Ipotesi: 1 MIPS, 4 utenti, 0.25 s/utente

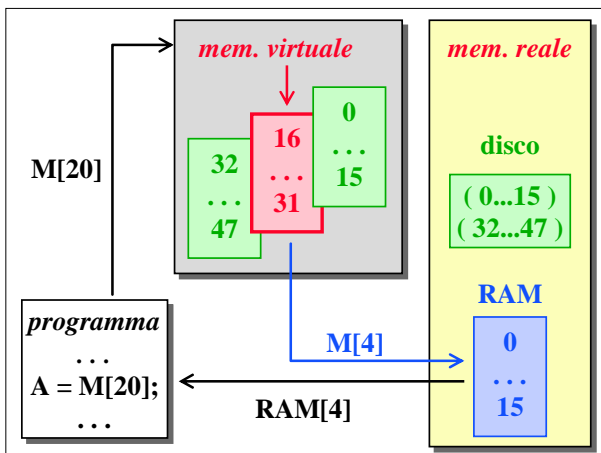
Conseguenze:

- **0.25 MIPS/utente**
- $T_{ELA} = 4 \times T_{CPU}$

Time-sharing: diagramma temporale

Il time-sharing oggi

È il sistema predominante nei grandi sistemi (per motivi economici):

- **multitask**
- **multiutente**

La memoria virtuale

- **la dimensione dell'A-BUS limita superiormente la quantità di memoria indirizzabile direttamente ...**
- **... ma non è detto che questa sia tutta fisicamente presente !**
- **esempio: 80486 ha ABUS da 32 bit, ossia 4 GB teorici, ma solitamente solo qualche MB di memoria fisica**

Lo *swap*

- i dati dei programmi non in esecuzione (ed anche i dati non immediatamente utili dei programmi in esecuzione) possono essere tolti dalla memoria centrale e parcheggiati su disco nell'*area di swap*
- swap : RAM = 3 : 1 (max)
- max. memoria accessibile = max (RAM, area di swap)

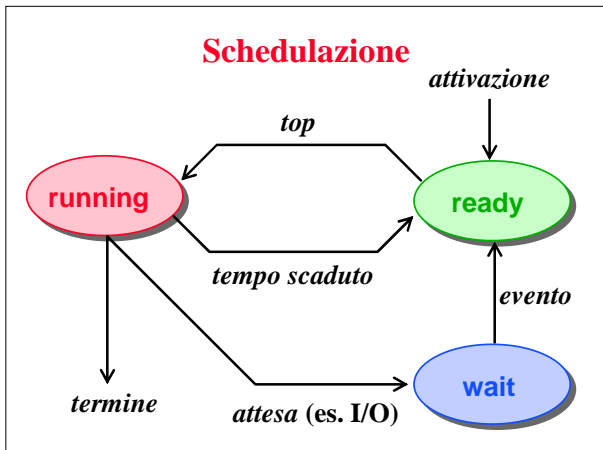
Protezione della memoria

Il S.O. deve garantire che la memoria usata da un processo non possa essere letta o modificata da un altro processo.

Nei S.O. meno evoluti (MS-DOS, MS-Windows) questo non capita:

- *crash* del sistema
- *virus*

Lo scheduling (pianificazione)

- componente dei S.O. multitasking
- politica di sequenzializzazione dei processi
- classi + priorità (fissa o variabile)
- gestita dallo schedulatore (*scheduler*)

Sistemi *real-time*

- in grado di attivare un processo entro breve tempo dal verificarsi di un evento
- tempo limitato superiormente
- controllo di sistemi critici (es. impianti chimici, navigazione aerea o spaziale)

Sistemi fault-tolerant

- in grado di continuare a funzionare anche in presenza di guasti
- degrado graduale delle prestazioni
- *ridondanza* hw e/o sw
- *hot-fix*

Interfaccia utente

Interfaccia testuale:

- **interprete dei comandi (** ***shell*** **)**

Interfaccia grafica (a finestre):

- **finestra = output di un processo**
- **finestra attiva (** ***focus*** **) = input**
- **paradigma WIMP = Window**
  Icon
  Mouse
  Pointer

Cosa succede all'accensione di un elaboratore?

Il processo di ***bootstrap*****:**

- **programma in ROM per l'auto-test dell'hardware**
- **programma in ROM per caricare da disco (o da rete) il** ***boot program***
- **il programma di boot carica il sistema operativo**
- **il S.O. assume il controllo dell'elaboratore**

MS-DOS

- **CPU Intel 8086 (16 bit) e successive**
- **monotask**
- **monoutente**
- **file-system gerarchico (FAT, nomi 8.3)**
- **memoria limitata (1 MB / 640 KB)**
- **nessuna protezione**
- **PC- / IBM- / DR-DOS**

OS/2

- **multitask**
- **monoutente**
- **HPFS (High Performance FS)**
- **PM (Presentation Manager)**
- **pensato per 80286 (16 MB RAM), ma arrivato tardi!**
- **la versione per 80386 non ha avuto maggior successo**

Windows-NT / 2000 / XP / 2003 / Vista

- **CPU Intel 80386/486/Pentium**
- **multitask**
- **multiutente**
- **NTFS (NT File System)**
- **microkernel, thread**
- **sistema a 32 bit (anche 64 bit da XP)**

UNIX

- **nato negli anni '60 (AT&T Bell Labs)**
- **rimasto all'avanguardia perchè sviluppato nelle università (UCB)**
- **multitask**
- **multiutente**
- **ottima integrazione in rete**
- **portabilità dei programmi**

UNIX: dialetti e standard

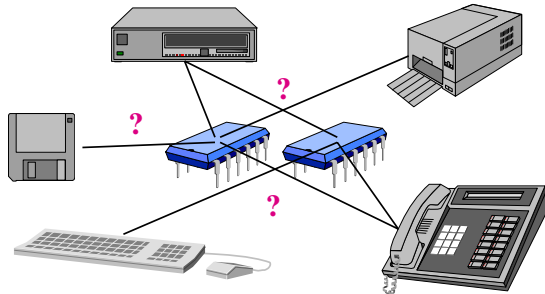
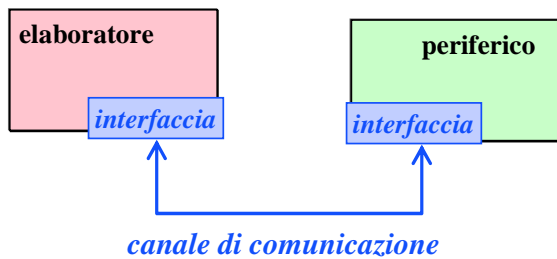
Ogni ditta ha il "suo" UNIX: Solaris, AIX, HP-UX, TruUnix64, ...

Standard:

- **POSIX (IEEE, DOD)**
- **OpenGroup = X/OPEN + OSF (SPEC-1170, XPG, COSE, ...)**
- **open source / free: Linux, FreeBSD, NetBSD, OpenBSD, …**

VMS, OpenVMS

- **sistema proprietario DEC/COMPAQ/HP**
- **CPU DEC Vax o AXP**
- **molto robusto**
- **penalizza un po' le prestazioni**
- **cluster**
- **ne esiste una versione real-time**

Collegamento di dispositivi periferici

Collegamento di principio

Gestione delle interfacce

Interrupt (priorità):

- un'interfaccia richiede il servizio quando ha dei dati da elaborare
- complesso, ma la CPU può fare altro

Polling (busy-wait, round-robin):

- la CPU domanda periodicamente ad ogni interfaccia se ha dei dati da elaborare
- semplice, ma occupa la CPU

Trasferimento dati tra periferici e CPU (memoria)

I dati da / per i periferici sono memorizzati in RAM e devono essere trasferiti (celermente).

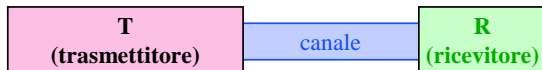
Soluzione 1 = la CPU trasferisce i dati

- buffer I/O – registro – RAM

Soluzione 2 = DMA (Direct Memory Access)

- la CPU indica la quantità di dati, la zona di memoria ed il periferico
- il trasferimento avviene direttamente tra periferico e RAM, senza intervento della CPU (che può svolgere altre operazioni)

Comunicazione tra apparecchiature elettroniche

T (trasmettitore) — canale — R (ricevitore)

velocità di trasmissione — *capacità del canale* — *velocità di ricezione*

bit/s (BPS, Bit Per Second)

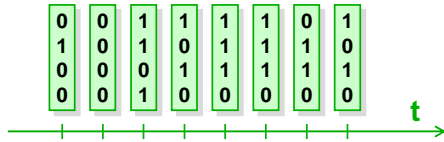
Comunicazione seriale

Dati trasmessi uno per volta in sequenza ordinata:

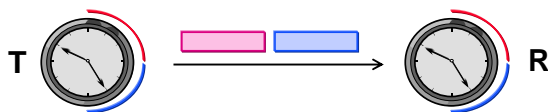
\+ collegamento semplice

– comunicazione lenta

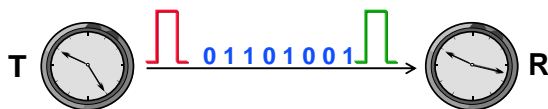
Comunicazione parallela

Più dati trasmessi simultaneamente:

- \+ comunicazione veloce
- – collegamento complesso
- – possibile interferenza tra i dati

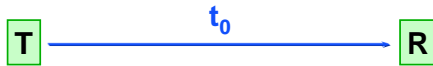
Comunicazione sincrona

I due apparati possiedono uno stesso riferimento temporale con cui delimitano la durata dei dati:

- \+ comunicazione veloce
- – sincronizzazione dei riferimenti

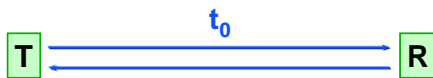
Comunicazione asincrona

I due apparati sincronizzano lo scambio dei dati mediante speciali segnali detti *segnali di controllo* (1/2 start bit, 0/1 stop bit):

- \+ nessun riferimento temporale comune
- – comunicazione lenta

Comunicazione unidirezionale (half-duplex)

Ad ogni istante di tempo i dati viaggiano in una sola direzione:

+ collegamento semplice
– comunicazione bidirezionale impossibile o lenta (inversione del flusso)

Comunicazione bidirezionale (full-duplex)

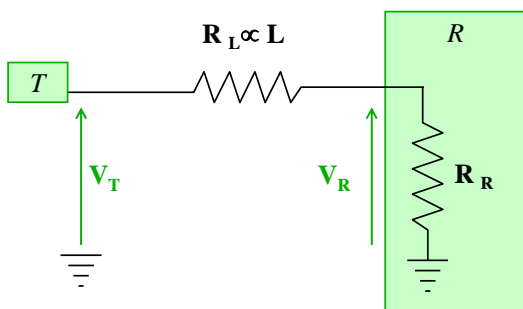
Ad ogni istante di tempo è sempre possibile uno scambio simultaneo di dati:

+ comunicazione veloce
– collegamento complesso

Linea seriale

- cavi in rame schermati
- trasmette una tensione elettrica
- necessita di una massa comune (perché la tensione elettrica è in realtà una differenza di potenziale elettrico)
- trasmissione asincrona
- due standard (RS-232, RS-423)

Linea seriale

- **numero minimo di segnali:**
  - **half-duplex = 2 (TxD, Gnd)**
  - **full-duplex = 3 (TxD, RxD, Gnd)**
- **velocità multipla di 300 bit/s**
- **velocità tipica 1200 / 9600 / 19200**

Schema di una linea elettrica (a bassa frequenza)

Limiti della linea seriale

$$V_R = V_T \cdot \frac{R_R}{R_L + R_R}$$

- **massima distanza < 100 m**
- **velocità ∝ 1/L (300 ... 38,400 bit/s)**
- **velocità tipica 9600 bit/s**

Standard per linea seriale

Lo standard più diffuso è RS-232 (standard CCITT V.24):

- **9 poli**
- **25 poli**

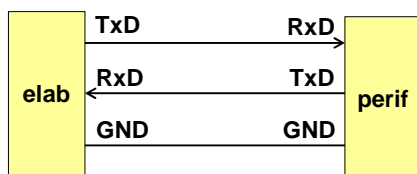
In alternativa RS-423:

- **6 poli**

RS-232

- **zero logico > + 3 V**
- **uno logico < - 3 V**
- **segnali più importanti:**

TxD	(Transmitted Data)
RxD	(Received Data)
Gnd	(Ground)
DTR	(Data Terminal Ready)
DSR	(Data Set Ready)
RTS	(Request To Send)
CTS	(Clear To Send)

Collegamento RS-232

RS-423

- parzialmente compatibile con RS-232
- segnali:

  TD
  RD
  TD-GND
  RD-GND
  DTR
  DSR

Linea parallela

- cavi in rame schermati
- trasmette una tensione elettrica
- necessita di una massa comune
- da 8 a 64 bit per dato
- tre standard per scopi diversi (SCSI, Centronics, IEEE-488/HP-IB)
- usabile solo su distanze brevi
  (~ 10 m)

Lo standard Centronics

- linea parallela da 8 bit (+controlli)
- sincrona
- unidirezionale
- collegamenti punto-punto
- per collegare stampanti (veloci)
- oggi evoluto a IEEE-1284

IEEE 1284

- estensione dello standard Centronics
- bidirezionale, max 30 ft
- channel addressing (es. fax/printer/modem)
- ECP (Enhanced Capability Port) mode:
  - compressione dei dati + code (FIFO)
  - per stampanti e scanner
  - 2 … 4 MB/s
- EPP (Enhanced Parallel Port) mode:
  - per CD-ROM, hard-disk, …
  - 0.5 … 2 MB/s

Lo standard IEEE-488 (HP-IB)

- linea parallela da 8 bit
- 16 fili (8 dati, 3 handshake, 5 bus management) + terra
- sincrona
- bidirezionale
- organizzazione a bus
- velocità max 8 Mb/s
- soprattutto per strumentazione automatica (un tempo anche per periferici)

Lo standard SCSI (Small Computer System Interface)

- standard ANSI
- bus bidirezionale:
  - 8 bit (narrow SCSI)
  - 16 bit (wide SCSI)
- collegamento logico: bus
- collegamento fisico: cascata (max 8 o 16 dispositivi per catena)
- per dischi, dispositivi di memoria o periferici veloci

Evoluzione SCSI

	distanza [m]	velocità [MB/s]	dispos. [n]
SCSI-1	6	5	8
SCSI-2	6	5-10	8 / 16
SCSI-2 fast	3	10-20	8
SCSI-2 wide	3	20	16
SCSI-2 fast wide	3	20	16
Ultra SCSI-3	1.5	20	8
Ultra SCSI-3 wide	1.5	40	16
Ultra-2 SCSI	12	40	8
Ultra-2 SCSI wide	12	80	16
Ultra-3 (Ultra160) SCSI	12	160	16
Ultra-3 (Ultra320) SCSI	12	320	16

IDE (Integrated Drive Electronics)

- interfaccia per dischi
- max 2 dischi per canale (master e slave)
- max dimensione dischi = 504 MB (limite del BIOS)
- max velocità = 4 MB/s
- standard ANSI:
  ATA (Advanced Technology Attachment)

Fast / Ultra ATA (EIDE)

- Fast ATA = 11 MB/s
- ATA-2 = 16 MB/s, dischi max 8.4 GB
- Ultra ATA (o ATA-4) = 33 MB/s
- Ultra ATA/66 (o ATA-5) = 66 MB/s
- ATA-6 = 100 MB/s
- EIDE (Enhanced IDE) = ATA ≥ 2
- a partire da ATA-4 sono disponibili i comandi ATAPI (ATA Packet Interface) per collegare anche dispositivi diversi dai dischi (es. nastri, CD-ROM, …)

SATA (serial ATA)

- **trasmissione seriale con linea dedicata**
- **cavo più sottile, flessibile e lungo**
- **7 fili (4 segnali + 3 ground) contro 40/7G fili in PATA (80/40G da ATA-3); ciò diminuisce:**
  - **influenza reciproca tra segnali adiacenti (crosstalk)**
  - **interferenze elettromagnetiche con altri dispositivi (EMI)**
- **throughput base = 150 MB/s (SATA-1)**
- **SATA-2 = 300 MB/s**
- **pianificata evoluzione a 600 MB/s (SATA-3)**

eSATA

- **external SATA**
- **permette l'uso di dischi SATA all'esterno del computer:**
  - **cavi schermati e con connettori più robusti**
  - **livelli di potenza trasmessa/ricevuta modificati**
- **vantaggi:**
  - **velocità maggiore di USB e Firewire**
  - **interfaccia SMART**
- **svantaggi:**
  - **serve alimentazione esterna (non fornita da cavo eSATA)**

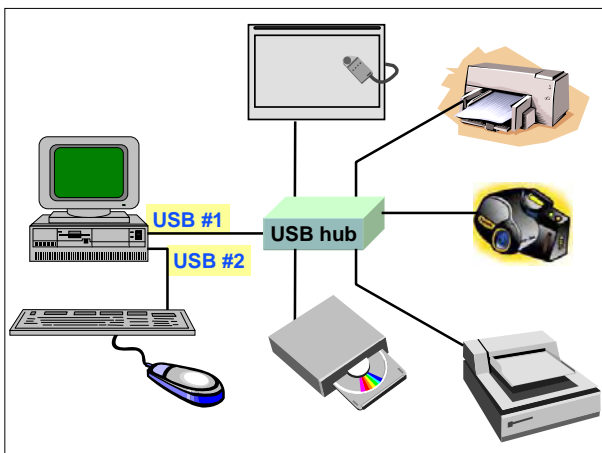
S.M.A.R.T.

- **Self-Monitoring, Analysis, and Reporting Technology**
- **sistema di auto-analisi dei dischi per:**
  - **verificarne lo stato**
  - **predirne i guasti**
- **funziona solo verso i dischi collegati con interfaccia nativa (es. PATA o SATA interni, non con PATA esterno dentro un contenitore USB)**
- **vari strumenti (es. HDD Health)**

USB (Universal Serial Bus)

- trasmissione seriale, half-duplex (full-duplex da USB 3.0)
- polling comandato dal computer
- collegamento logico a bus, max 127 dispositivi, alimentabili dal bus (5V, 2.5-4.5 W)
- sistema plug-and-play
- USB 1.0 = low (1.5 Mbps) o full speed (12 Mbps)
- USB 1.1 = stessa capacità di USB 1.0
- USB 2.0 = high speed (480 Mbps)
- USB 3.0 = super speed (5 Gbps)

USB: cablaggio

- cavo a 4 fili con connettore piatto (2 per dati, 2 per alimentazione a 5 V)
- lunghezza max cavo = 5 m
- hub per collegare più dispositivi
- collegamento in cascata di massimo 5 hub (quindi distanza max = 30 m)

USB memory pen

1. connettore USB
2. controllore USB
3. punti di test
4. memoria flash
5. oscillatore al quarzo
6. LED di attività
7. read-only switch
8. spazio per una seconda memoria flash

(nota: immagine tratta da Wikipedia)

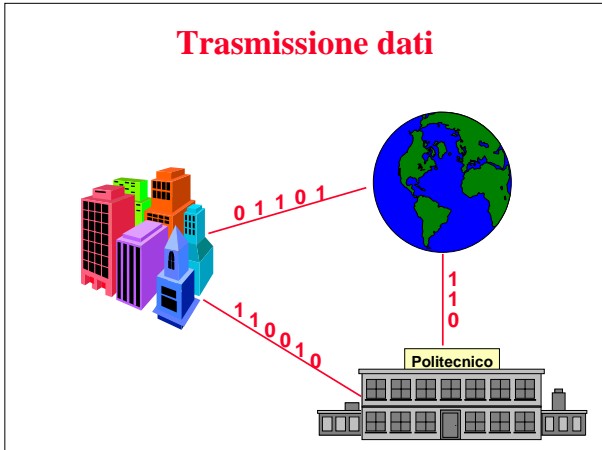
IEEE-1394

- Firewire (Apple)
  - nota: nome molto usato invece dello standard
- i.LINK (Sony)
- standard de facto per collegamenti digitali (non analogici!) tra dispositivi video: videocamere, videoregistratori, DVD, sistemi di editing video, PC, …

IEEE 1394 - caratteristiche

- trasferimento asincrono o isocrono
- velocità:
  - 100/200/400/800 Mbps (sul cavo, peer-to-peer)
  - 12.5/25/50/100 Mbps (dentro al computer)
- peer-to-peer (direttamente tra dispositivi)
- collegamento logico a stella, massimo 63 dispositivi, alimentabili dal bus (12-25 V, 15 W)
- lunghezza massima cavo = 4.5 m
- collegamento in cascata di massimo 16 dispositivi (quindi distanza max = 72 m)
- in arrivo Firewire 3200 (Mbps)

Equilibrio e bilanciamento

- **le prestazioni globali di un sistema di elaborazione richiedono che tutte le sue componenti siano equilibrate**
- **il cammino dei dati da / verso la CPU non deve incontrare colli di bottiglia**
- **esempio: inutile comprare disco SATA-2 con CPU lenta o bus PCI piccolo, lento o affollato**

Trasmissione dati

Problematiche di trasmissione dati

- **per distanze superiori a qualche decina di metri, occorrono apparati di telecomunicazione**
  = collegamento fisico
- **poiché i sistemi coinvolti possono essere di tipo diverso, occorre definire degli standard per lo scambio e l'interpretazione dei dati**
  = collegamento logico (protocolli, reti)

Collegamenti fisici

- **linea punto-punto dedicata (CDN)**
  - **O(10 Mbps)**
  - **canone annuale O(50 K€)**
- **linea punto-punto commutata (= linea telefonica)**
  - **da 9,600 ... 56 Kbps a O(1 Mbps)**
  - **tariffazione a tempo**
  - **commutazione di circuito**
  - **modem analogico, ISDN**

Reti locali / geografiche

LAN

- **Local Area Network**

MAN

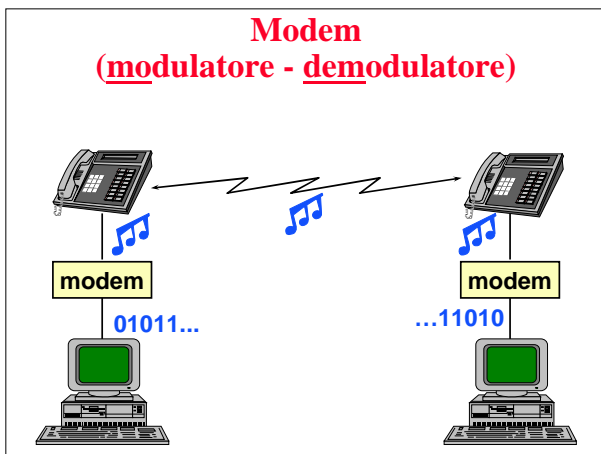
- **Metropolitan Area Network**

WAN

- **Wide Area Network**

Tecnologie: Ethernet, Frame Relay, ATM, Sonet/SDH, …

Modem (modulatore - demodulatore)

modem
01011...
modem
...11010

Modem

- **apparato di telecomunicazione atto a scambiare dati digitali**
- ***modem in banda fonica* (o traslata) opera su linea telefonica commutata (300 ... 3400 Hz)**
- ***modem in banda base* opera solo su circuiti diretti**

Standard ITU per modem in banda traslata

standard	*bps*	*linea*
V.21	300	commutata
V.22	1,200	comm. / dedic.
V.22bis	2,400	comm. / dedic.
V.26	2,400	dedicata
V.26bis	2,400	commutata
V.27	4,800	dedicata
V.27ter	4,800	commutata
V.29	9,600	dedicata
V.32	9,600	comm. / dedic.
V.33	14,400	dedicata

Standard ITU per modem in banda traslata

standard	*bps*	*linea*
V.34	38,400	commutata
V.90	57,600	comm. / dedic.

velocità diversa in trasmissione e ricezione se la linea è analogica

ISDN

- Integrated Services Digital Network
- canale digitale (= linea ISDN)
  - non necessario modem
  - necessario telefono / scheda ISDN
- 2 o 3 canali digitali:
  - canale dati n.1 (64 Kbps)
  - canale dati n.2 (64 Kbps)
  - canale ausiliario (16 Kbps), solitamente dedicato alla fonia o alle segnalazioni ausiliarie

ADSL

- Asymmetric Digital Subscriber Line
- trasmissione digitale sul normale doppino telefonico (tramite modem/router speciale)
- 3 canali:
  - download dati (tra 2 e 8 Mbps)
  - bidirezionale dati (max 640 Kbps)
  - bidirezionale voce (per backup, nel caso si guasti quello dati su cui normalmente viene fatta passare anche la voce); potrebbe essere ISDN

Ethernet e WiFi

Ethernet:

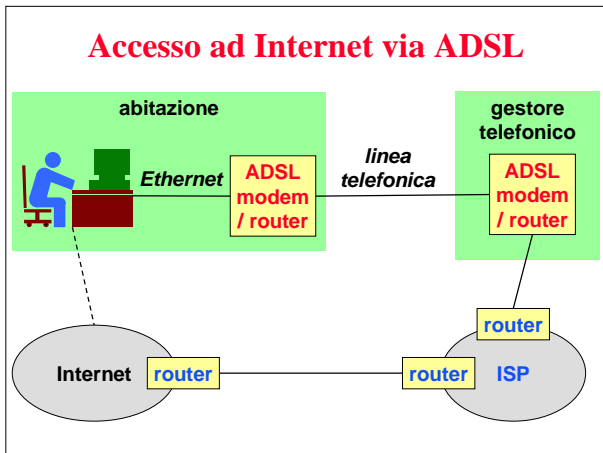
- standard per reti locali cablate (IEEE 802.3)
- 10 Mbps (originale), 100 Mbps, 1000 Mbps (anche detta Gigabit Ethernet)

WiFi (= Wireless Fidelity):

- standard per reti locali radio (IEEE 802.11)

	velocità	*freq.*	*compat.*
802.11b	11 Mbps	2.4 GHz	b
802.11a	54 Mbps	5.0 GHz	a
802.11g	54 Mbps	2.4 GHz	b, g
802.11n	100 Mbps	2.4 GHz	b, g, n

La rete Internet

- è una rete di reti
- i nodi della rete (router) si scambiano i dati fino a farli arrivare a destinazione
- un canale (o link) tra due router può trasmettere simultaneamente i dati di più utenti sino a saturare la capacità del canale
- se più utenti usano simultaneamente un canale, la sua capacità viene divisa equalmente tra tutti gli utenti
- NOTA: modello molto semplificato

Esercizio

Due utenti sono collegati via ADSL 2 Mbps alla stessa centrale telefonica, a sua volta collegata ad Internet tramite una linea a 10 Mbps.

Calcolare il tempo complessivo affinché ciascun utente scarichi un file da 100 MB.

Soluzione:

- **ciascun utente accede ai dati a 2 Mbps**
- **8 x 100 Mbit / 2 Mbit/s = 400 s = 6’ 40”**
- **tempo totale = 6’ 40” (perché i due utenti operano in parallelo)**

Esercizio

Due utenti sono collegati via ADSL 2 Mbps alla stessa centrale telefonica, a sua volta collegata ad Internet tramite una linea a 2 Mbps.

Calcolare il tempo complessivo affinché ciascun utente scarichi un file da 100 MB.

Soluzione:

- **ciascun utente accede ai dati a 1 Mbps (perché il collegamento centrale-Internet è usato al 50% da ciascun utente)**
- **8 x 100 Mbit / 1 Mbit/s = 800 s = 13’ 20”**
- **tempo totale = 13’ 20”**

<table>
<tr><th colspan="12">Tabella dei primi 128 codici ASCII (codifica decimale ed esadecimale)</th></tr>
<tr><th>dec</th><th>hex</th><th>char</th><th>dec</th><th>hex</th><th>char</th><th>dec</th><th>hex</th><th>char</th><th>dec</th><th>hex</th><th>char</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>NUL</td><td>32</td><td>20</td><td>spazio</td><td>64</td><td>40</td><td>@</td><td>96</td><td>60</td><td>`</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>SOH</td><td>33</td><td>21</td><td>!</td><td>65</td><td>41</td><td>A</td><td>97</td><td>61</td><td>a</td></tr>
<tr><td>2</td><td>2</td><td>STX</td><td>34</td><td>22</td><td>"</td><td>66</td><td>42</td><td>B</td><td>98</td><td>62</td><td>b</td></tr>
<tr><td>3</td><td>3</td><td>ETX</td><td>35</td><td>23</td><td>#</td><td>67</td><td>43</td><td>C</td><td>99</td><td>63</td><td>c</td></tr>
<tr><td>4</td><td>4</td><td>EOT</td><td>36</td><td>24</td><td>$</td><td>68</td><td>44</td><td>D</td><td>100</td><td>64</td><td>d</td></tr>
<tr><td>5</td><td>5</td><td>ENQ</td><td>37</td><td>25</td><td>%</td><td>69</td><td>45</td><td>E</td><td>101</td><td>65</td><td>e</td></tr>
<tr><td>6</td><td>6</td><td>ACK</td><td>38</td><td>26</td><td>&</td><td>70</td><td>46</td><td>F</td><td>102</td><td>66</td><td>f</td></tr>
<tr><td>7</td><td>7</td><td>BEL</td><td>39</td><td>27</td><td>'</td><td>71</td><td>47</td><td>G</td><td>103</td><td>67</td><td>g</td></tr>
<tr><td>8</td><td>8</td><td>BS</td><td>40</td><td>28</td><td>(</td><td>72</td><td>48</td><td>H</td><td>104</td><td>68</td><td>h</td></tr>
<tr><td>9</td><td>9</td><td>HT</td><td>41</td><td>29</td><td>)</td><td>73</td><td>49</td><td>I</td><td>105</td><td>69</td><td>i</td></tr>
<tr><td>10</td><td>A</td><td>LF</td><td>42</td><td>2A</td><td>*</td><td>74</td><td>4A</td><td>J</td><td>106</td><td>6A</td><td>j</td></tr>
<tr><td>11</td><td>B</td><td>VT</td><td>43</td><td>2B</td><td>+</td><td>75</td><td>4B</td><td>K</td><td>107</td><td>6B</td><td>k</td></tr>
<tr><td>12</td><td>C</td><td>NP</td><td>44</td><td>2C</td><td>,</td><td>76</td><td>4C</td><td>L</td><td>108</td><td>6C</td><td>l</td></tr>
<tr><td>13</td><td>D</td><td>CR</td><td>45</td><td>2D</td><td>-</td><td>77</td><td>4D</td><td>M</td><td>109</td><td>6D</td><td>m</td></tr>
<tr><td>14</td><td>E</td><td>SO</td><td>46</td><td>2E</td><td>.</td><td>78</td><td>4E</td><td>N</td><td>110</td><td>6E</td><td>n</td></tr>
<tr><td>15</td><td>F</td><td>SI</td><td>47</td><td>2F</td><td>/</td><td>79</td><td>4F</td><td>O</td><td>111</td><td>6F</td><td>o</td></tr>
<tr><td>16</td><td>10</td><td>DLE</td><td>48</td><td>30</td><td>0</td><td>80</td><td>50</td><td>P</td><td>112</td><td>70</td><td>p</td></tr>
<tr><td>17</td><td>11</td><td>DC1</td><td>49</td><td>31</td><td>1</td><td>81</td><td>51</td><td>Q</td><td>113</td><td>71</td><td>q</td></tr>
<tr><td>18</td><td>12</td><td>DC2</td><td>50</td><td>32</td><td>2</td><td>82</td><td>52</td><td>R</td><td>114</td><td>72</td><td>r</td></tr>
<tr><td>19</td><td>13</td><td>DC3</td><td>51</td><td>33</td><td>3</td><td>83</td><td>53</td><td>S</td><td>115</td><td>73</td><td>s</td></tr>
<tr><td>20</td><td>14</td><td>DC4</td><td>52</td><td>34</td><td>4</td><td>84</td><td>54</td><td>T</td><td>116</td><td>74</td><td>t</td></tr>
<tr><td>21</td><td>15</td><td>NAK</td><td>53</td><td>35</td><td>5</td><td>85</td><td>55</td><td>U</td><td>117</td><td>75</td><td>u</td></tr>
<tr><td>22</td><td>16</td><td>SYN</td><td>54</td><td>36</td><td>6</td><td>86</td><td>56</td><td>V</td><td>118</td><td>76</td><td>v</td></tr>
<tr><td>23</td><td>17</td><td>ETB</td><td>55</td><td>37</td><td>7</td><td>87</td><td>57</td><td>W</td><td>119</td><td>77</td><td>w</td></tr>
<tr><td>24</td><td>18</td><td>CAN</td><td>56</td><td>38</td><td>8</td><td>88</td><td>58</td><td>X</td><td>120</td><td>78</td><td>x</td></tr>
<tr><td>25</td><td>19</td><td>EM</td><td>57</td><td>39</td><td>9</td><td>89</td><td>59</td><td>Y</td><td>121</td><td>79</td><td>y</td></tr>
<tr><td>26</td><td>1A</td><td>SUB</td><td>58</td><td>3A</td><td>:</td><td>90</td><td>5A</td><td>Z</td><td>122</td><td>7A</td><td>z</td></tr>
<tr><td>27</td><td>1B</td><td>ESC</td><td>59</td><td>3B</td><td>;</td><td>91</td><td>5B</td><td>[</td><td>123</td><td>7B</td><td>{</td></tr>
<tr><td>28</td><td>1C</td><td>FS</td><td>60</td><td>3C</td><td><</td><td>92</td><td>5C</td><td>\</td><td>124</td><td>7C</td><td>|</td></tr>
<tr><td>29</td><td>1D</td><td>GS</td><td>61</td><td>3D</td><td>=</td><td>93</td><td>5D</td><td>]</td><td>125</td><td>7D</td><td>}</td></tr>
<tr><td>30</td><td>1E</td><td>RS</td><td>62</td><td>3E</td><td>></td><td>94</td><td>5E</td><td>^</td><td>126</td><td>7E</td><td>~</td></tr>
<tr><td>31</td><td>1F</td><td>US</td><td>63</td><td>3F</td><td>?</td><td>95</td><td>5F</td><td>_</td><td>127</td><td>7F</td><td>DEL</td></tr>
</table>

Nomi dei caratteri di controllo

ACK	Acknowledgment	EOT	End of Transmission
BEL	Bell	ESC	Escape
BS	Backspace	ETB	End of Transmission Block
CAN	Cancel	ETX	End of Text
CR	Carriage Return	FF	Form Feed (o New Page, NP)
DC1	Device Control 1 (o XON)	FS	File Separator
DC2	Device Control 2	GS	Group Separator
DC3	Device Control 3 (o XOFF)	HT	Horizontal Tab
DC4	Device Control 4	LF	Line Feed (o New Line, NL)
DEL	Delete	NAK	Negative Acknowledgement
DLE	Data Link Escape	NUL	Null
EM	End of Medium	SI	Shift In
ENQ	Enquiry	SO	Shift Out
SOH	Start of Header	STX	Start of Text
SUB	Substitute	SYN	Synchronous Idle
US	Unit Separator	VT	Vertical Tab